



FACULDADE GALILEU

Reconhecimento Portaria nº 422 de 29/04/2015 Publicado DOU 29/04/2015

Avenida Marginal 200, nº 680 – Vila real – Botucatu/SP

Telefone: (14) 3354-1315 – [Faculdade Galileu](http://www.faculdadegalileu.com.br)

BRUNO AUGUSTO THEODORO

**Desenvolvimento de arquitetura biofílica em residências: Bem-estar estético,
psicológico e conceitual**

Botucatu 2021



FACULDADE GALILEU

Reconhecimento Portaria nº 422 de 29/04/2015 Publicado DOU 29/04/2015

Avenida Marginal 200, nº 680 – Vila real – Botucatu/SP

Telefone: (14) 3354-1315 – [Faculdade Galileu](http://www.faculdade-galileu.edu.br)

BRUNO AUGUSTO THEODORO

**Desenvolvimento de arquitetura biofílica em residências: Bem-estar estético,
psicológico e conceitual**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade Galileu, como requisito parcial para
obtenção do grau de Arquitetura e Urbanismo.

Prof. Letícia Rubio Colauto

Botucatu 2021

BRUNO AUGUSTO THEODORO

**Desenvolvimento de arquitetura biofílica em residências: Bem-estar estético,
psicológico e conceitual**

Relatório final, apresentado a Faculdade
Galileu, como parte das exigências para a
obtenção do título de Arquiteto e Urbanista

Botucatu, 08 de Dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientadora Letícia Rubio Colauto

Prof. Coordenador Michael Mosch

Prof. Convidado

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade de realizar e concluir a graduação de Arquitetura e Urbanismo, onde durante onze semestres foi cursado. Sei que sem Ele nada disso teria acontecido, tive forças para concluir com êxito um dos vários objetivos que guardo em meu coração. Agradeço o incentivo dos meus pais Ademilson Theodoro e Valdirene Mazine Theodoro, onde com paciência, carinho e amor, estiveram em todos os momentos ao meu lado, dando forças e não deixando com que eu desanimasse durante a caminhada.

Gratidão à Professora Letícia Rubio Colauto, pela paciência, disposição, preocupação, e principalmente por ter aceitado me orientar para que a presente monografia fosse desenvolvida e concluída. Suas palavras, ensinamentos, conselhos, serão levados para sempre em meu coração. Ao professor e coordenador do curso, Michael Mosch, meu agradecimento pela competência em seu trabalho, animando e incentivando os alunos a realizarem e concluir com ética o curso de Arquitetura e Urbanismo.

Por fim, aos amigos, Gisele Claro, Flávia Zanatta, Gabriel Neto, Maria Eduarda Donini, Fabiana Nunes, Patrícia Ramos, Gislene Tavaves e Jean Dezoppa, pela amizade, companheirismo e incentivo durante todo esse período, meu carinho e agradecimento.

RESUMO

A natureza está presente muito antes do surgimento do homem pois essa sempre foi necessária para o desenvolvimento do mesmo. Na arquitetura e construção, a natureza hoje é entendida como muito mais do que apenas uma fonte de matérias-primas nas realizações de construções, mas na sustentabilidade do meio, na qualidade de vida e harmonização com o ambiente. Este trabalho propõe demonstrar as vantagens do uso de elementos da natureza no projeto arquitetônico e suas consequências na qualidade de vida dos seus habitantes. Para isso foi realizado uma busca extensa na literatura onde definiu-se o conceito biofílico e sua origem, sua contribuição para a arquitetura sustentável e exemplos de design biofílico com suas vantagens. As principais características encontradas foram o melhoramento do bem estar, da saúde, da produtividade, da harmonização com o ambiente, da biodiversidade e da circularidade. Tais características são objetivos da arquitetura sustentável dentro do estipulado pela ONU. Por causa da tamanha diversidade da natureza e suas diversas áreas contemplativas, o design biofílico se torna muito rico nos aspectos físicos, emocionais e espirituais. Como perspectivas, as práticas do design biofílico devem continuar a serem avaliadas e consideradas em todo projeto arquitetônico.

Palavras-Chave: Biofilia, design, natureza, sustentabilidade

ABSTRACT

Nature is present long before the emergence of man because it was always necessary for its development. In architecture and construction, nature is understood today as much more than just a source of raw materials in building constructions, but in the sustainability of the environment, in the quality of life and harmony with the environment. This work proposes to demonstrate the advantages of using elements from nature in architectural design and its consequences on the quality of life of its inhabitants. For this, an extensive search was carried out in the literature where the biophilic concept and its origin, its contribution to sustainable architecture and examples of biophilic design with its advantages were defined. The main characteristics found were the improvement of well-being, health, productivity, harmonization with the environment, biodiversity and circularity. Such characteristics are goals of sustainable architecture within the stipulated by the UN. Because of the great diversity of nature and its diverse contemplative areas, biophilic design becomes very rich in physical, emotional and spiritual aspects. As perspectives, biophilic design practices must continue to be evaluated and considered in every architectural project.

Key-Words: Biophilia, design, nature, sustainability

SUMÁRIO

RESUMO	5
1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA.....	14
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA.....	15
4.1 A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO BIOFÍLICO.....	15
4.1.1 Origens do Design Biofílico	16
4.1.2 Definindo design Biofílico.....	20
4.2 DESIGN BIOFÍLICO NA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	27
4.3 ESTRATÉGIAS DE DESIGN BIOFÍLICO E EXEMPLOS.....	32
5. METODOLOGIA	43
6. CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

Lista de figuras

Figura 1. Linha temporal dos vários estudos sobre design biofílico.	20
Figura 2. Framework do design biofílico. Três características de design e seus elementos primários.	26

Lista de tabelas

Tabela 1. Bases teóricas do design biofílico na psicologia ambiental.....	16
Tabela 2. Estruturas conceituais do Design Biofílico	21
Tabela 3. Benefícios do Design Biofílico na arquitetura sustentável	28

1. INTRODUÇÃO

As últimas décadas foram marcadas por um processo de urbanização intenso, deixando os elementos da natureza de lado em nome da “ordem e do progresso”. Porém a natureza sempre foi fascinante por sua beleza, resiliência, saúde e bem-estar. Viver na Natureza é para muitos uma utopia, uma lembrança, um plano alternativo que traz como noção a definição do próprio termo natureza, que se transforma então em um conceito (Beck 1999). Sendo assim a re-incorporação do “verde” no nosso cotidiano de selva de “pedra” precisa se tornar consciente em nossas mentes, principalmente porque existem desafios sociais, econômicos e ambientais a serem vencidos através do contato com a natureza. Uma alternativa para esse regresso à natureza é a arquitetura biofílica. A biofilia e o design biofílico são conceitos fundados a partir da necessidade do contato da natureza em regiões urbanizadas e com pouca natureza, esse conceito pode se agregar à arquitetura. O interesse e o fascínio pela “natureza” devem ser vistos em relação às crises ambientais induzidas pelo homem e aos movimentos ambientais emergentes. Nas décadas de 1980 e 1990, a “natureza” foi explorada e associada a uma série de questões ambientais da época. Novas preocupações, como mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio e perda de biodiversidade surgiram e soluções para essas questões passaram a ser caracterizadas dentro do conceito de desenvolvimento sustentável (Leach *et. al.* 2010). O conceito de desenvolvimento sustentável foi trazido à atenção do público em 1987 por meio do Relatório Brundtland (United Nations 1987) e foi posteriormente elaborado por meio da Agenda 21 (United Nations 1992) e dos 17 Sustainable Development Goals (SDGs) (United Nations 2015). No entanto, crises climáticas, perda de biodiversidade, poluição do ar e muitas outras questões continuam a ser desafios urgentes atualmente. Para enfrentar uma variedade de desafios de maneiras sustentáveis, a European Commission (2015) lançou “soluções baseadas na natureza” com uma série de ações que são “inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza” para implantar vários recursos naturais e processos de sistema complexos de maneira eficiente em termos de recursos para diversas áreas urbanas. As tecnologias disponíveis foram examinadas e os benefícios dessas estratégias foram investigados por meio da avaliação do desempenho térmico, qualidade do ar, isolamento acústico e redução de ruído, gestão de águas pluviais urbanas e biodiversidade (Pérez and Perini

2018; Somarakis *et. al.* 2019). No entanto, o foco atual está principalmente na escala urbana. A pesquisa sobre a compreensão do impacto do design baseado na natureza na arquitetura ainda é limitada. O setor de construção desempenha um papel essencial no desenvolvimento sustentável e é responsável por quase 40% do consumo de energia e das emissões de dióxido de carbono relacionadas à energia (Abergel, Dean, and Dulac 2017). Os edifícios também têm um impacto significativo na saúde e no bem-estar humanos, visto que passamos cerca de 90% do nosso tempo dentro de casa (European Commision 2003; Robert 2016). Reconectar-se com a “natureza” foi reconhecido como um dos desafios mais urgentes na arquitetura urbana contemporânea (Beatley 2017; Ives *et. al.* 2018). Especialmente durante o bloqueio do COVID-19, a maioria dos moradores urbanos tinha acesso mínimo à jardins, parques ou campos. Neste contexto, a integração da natureza nos edifícios tem sido cada vez mais celebrada recentemente. Em ambas pesquisa acadêmica e prática arquitetônica, há um interesse crescente em fortalecer os efeitos do contato com a natureza, reduzindo o impacto humano no ambiente natural. Dentro do amplo campo da sustentabilidade arquitetônica, testemunhamos a tendência de aumentar o “esverdeamento” da arquitetura por meio de elementos como fachadas verdes, telhados verdes e jardins verticais. Em alguns casos, a linguagem promocional fácil esconde a falta de melhorias ou eficácia reais (Leach *et. al.* 2010). Além disso, a noção de “natureza” é bastante elusiva e pode ser interpretada de várias maneiras: como materiais essenciais para a sobrevivência humana; como fontes de inspiração para projetos arquitetônicos; ou como uma mera ideia romântica. Essa inspiração arquitetônica é antiga e pode ser encontrada no decorrer da história. Um exemplo clássico é o Jardins Suspensos da Babilônia, datado no século VI a.c, onde se acredita que havia uma construção de estilo clássico ao lado de uma fonte de água com uma variedade rica de árvores, jardins e arbustos. O Arquiteto Romano Vitruvius, conhecido como sendo um dos autores mais antigos da arquitetura teórica, já havia escrito em seu livro “*Ten books on Architecture*” sobre a responsabilidade doméstica sobre o clima em construções residenciais e no uso da água. Outros exemplos onde era popular a arquitetura com cenários naturais, formados por jardins projetados e pitorescos ocorre na Renascença italiana, como a Villa di Castello, a qual era uma vila suburbana de famílias ricas e também nos arredores dos edifícios em Stourhead na Inglaterra, datado

do século XVIII. Esses projetos arquitetônicos deram base para o desenvolvimento da arquitetura paisagística ao longo do século XIX por meio de vários arquitetos que popularizaram o design natural em estruturas racionais com a experiência da arquitetura gótica, as quais podemos ver em trabalhos de Eugène Viollet-le-Duc em ferro fundido, Victor Horta na residência Hôtel Tassel, Antoni Gaudí na Casa Batlló e outros. Andrew Jackson Downing popularizou o uso de alpendres para ligar casas e a natureza em residências privadas. Na arquitetura moderna, os arquitetos exploram a vida com natureza através de uma ampla gama de abordagens como por exemplo Leberecht Migge que propôs a instalação de jardins sustentáveis em habitações sociais ou em projetos conceituais de Le Corbusier em Immeubles villas. Além disso, muitos projetos proeminentes de arquitetura refletem a coexistência com a natureza. A Casa da Cascata de Frank Lloyd Wright denota a natureza ao colocar o edifício, especialmente os terraços em balanço estendidos horizontalmente, no meio da natureza. A Casa Farnsworth de Ludwig Mies van der Rohe estabelece uma ligação com o ambiente natural externo através da utilização de paredes de vidro e suportes estruturais leves. Mais tarde, na década de 1960, a crescente consciência do impacto da vida contemporânea sobre o meio ambiente estimulou um despertar ambiental (Tabb and Deviren 2017). O arquiteto paisagista e planejador da cidade McHarg (1969) sugeriu uma perspectiva ecológica que incorpora a análise da terra, do clima e da água no planejamento urbano. A década de 1960 também foi um período radical na arquitetura. Arquitetos de vanguarda, como Mario Bellini, Alberto Rosselli, Ugo La Pietra, Archizoom, Superstudio, 9999 e outros refletiram sobre os impactos destrutivos da construção moderna no ambiente natural em seus projetos. Embora a maioria tenha sido obras visuais e experimentais, a consciência ambiental desencadeou uma mudança no valor da relação entre os humanos e a natureza permitindo o nascimento do design biofílico.

O termo biofilia foi cunhado pelo psicólogo social Erich Fromm (1974) para descrever o “amor pela vida” que explicava duas tendências fundamentais dos organismos vivos: a luta da vida contra ameaças de morte e a integração positiva entre os seres. A teoria da biofilia só recebeu amplo reconhecimento 20 anos depois de ter sido proposta pela primeira vez. O biólogo e naturalista Edward Wilson (1994) definiu “biofilia” como “a tendência inata de se concentrar na vida e em processos semelhantes

à vida”. Wilson (1993) levantou ainda a “hipótese da biofilia” para interpretar que a conexão emocional com a “vida” foi conservada depois que a humanidade migrou do ambiente natural primitivo para o novo ambiente artificial. Ele enfatizou que a biofilia é “a afiliação emocional inata de seres humanos a outros organismos vivos”, em que a “tendência inata” representa as características de “hereditária”; entretanto, como uma “regra de aprendizagem”, fornece uma perspectiva esclarecedora com a qual se compreende a natureza Wilson (1993). O primeiro ponto é apoiado pela teoria psico-evolutiva, que argumenta que algumas reações emocionais estão enraizadas na história evolutiva humana e desenvolvidas para respostas adaptativas à sociedade moderna (Ulrich 1983). A dependência evolutiva da “natureza” também foi exposta pelo ecologista social Stephen Kellert (1993) ao identificar nove valores da biofilia: “utilitarista, naturalista, científico, estético, simbólico, humanista, moralista, dominionista e negativista”. O último ponto pode ser um “amolecimento” deliberado de “inato”, o que evita que a biofilia seja restrita ao significado na psicologia evolutiva (Joye and de Block 2011). Por exemplo, a perda de biodiversidade é o exemplo mais óbvio que ilustra as maneiras pelas quais as questões biofílicas e ambientais estão intimamente relacionadas (Wilson 1993). Além disso, (Kellert 2008) apontou a biofilia como “a inclinação humana inerente para se afiliar a sistemas e processos naturais, mais particularmente a vida e características destas em um ambiente não humano”. Desde a década de 1990, as preocupações da teoria da biofilia mudaram de seu foco inicial na vida ou nos organismos vivos para explorar a relação entre os humanos e o ambiente natural. No início do século XXI, a noção de biofilia foi desenvolvida e adaptada dentro do domínio arquitetônico, chamando a atenção para o aspecto emocional das necessidades dos humanos para interações com o ambiente natural no ambiente da construção. O design biofílico foi proposto para fornecer algumas orientações de design para satisfazer este anseio pela “natureza” na arquitetura (Almusaed 2011; Cramer and Browning 2008; Joye 2007b; Kellert 2008; Ryan et al. 2014; Wilson 2008). O projeto biofílico explica por que alguns edifícios são considerados como tendo um desempenho melhor do que outros no que diz respeito à sua conexão com a natureza (Robert Berkebile and Robert Fox 2008). Esta conexão da natureza apresenta todos os tipos de benefícios nos ambientes de vida, trabalho, aprendizagem, entretenimento e médicos (Abdelaal 2019; Abdelaal and

Soebarto 2019; Gray and Birrell 2014; Hähn, Essah, and Blanusa 2020; Jones 2013; Mangone et al. 2017; Peters and D'Penna 2020; Totaforti 2018; Wallmann-Sperlich et al. 2019). Portanto, afirma-se que a arquitetura biofílica contribui para a sustentabilidade, superando a falta de contato com a natureza e gerenciando efetivamente os recursos naturais (Almusaed et al. 2006; Hidalgo 2014; Jiang et al. 2020; Kayıhan 2018; McMahan and Estes 2015).

Em resumo, existem duas razões principais para explorar o design biofílico. Primeiro, o desejo pela “natureza” é amplamente reconhecido no ambiente construído contemporâneo; assim, é essencial fornecer estruturas para entender a “natureza” na arquitetura. Em segundo lugar, muitos conceitos de design relacionados à 'natureza' são criticados como estratégias de 'lavagem verde' ou 'placebo'. Assim, novas investigações devem ser conduzidas para examinar seus impactos e efeitos na arquitetura sustentável. Neste trabalho, o conceito de design biofílico é apresentado e discutido, assim como ele pode suprir a arquitetura sustentável em suas diversas facetas.

2. JUSTIFICATIVA

O design biofílico na arquitetura moderna se faz necessária pela necessidade emocional fisiológica do contato com a natureza, a sustentabilidade do ambiente, como a gestão de recursos naturais e o uso dos mesmos como forma de conscientização e para o avanço da arquitetura sustentável, como uma nova forma de se fazer arquitetura.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e discorrer sobre design biofílico e seus benefícios no mundo moderno.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o design biofílico como um conceito aberto com prevalência da iluminação natural, ventilação cruzada, revestimentos naturais, plantas e elementos naturais como a água, pedra e madeira.

- Busca de uma coerência entre o meio construído e o meio ambiente.

- Refletir e identificar valores atribuídos a esses espaços, como bem-estar, saúde, lazer, ar puro, aventura, equilíbrio, calma, alívio, paz, alegria, lembranças, proporcionando uma valorização do momento

4. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

As classificações (taxonomias) sobre o conceito de design biofílico estão intimamente relacionadas com os conceitos na organização do conhecimento, assim como as maneiras pelas quais diferentes teorias biofílicas são utilizadas para classificar o tema. Portanto se faz necessário comparar diferentes taxonomias da “natureza” em várias interpretações do design biofílico para compreender a noção contestada de “natureza” na arquitetura. Isso inclui a compreensão das características do conceito e dos mecanismos causais que ligam essas características (Spiteri 2008). Existem três principais estruturas representativas do design biofílico (Browning and Ryan 2020; Kellert 2008, 2018) que são frequentemente citadas na literatura e referenciados nos critérios de avaliação de certificados de construção. A análise comparativa deve abranger desde os objetivos das diferentes elaborações, as abordagens taxonômicas específicas que adotam, até os elementos nelas contidos. Devemos levar em consideração também os desafios específicos que a arquitetura sustentável possui e que podem ser resolvidos por meio de projetos biofílicos. O conceito de arquitetura sustentável dos 17 SDGs (ONU, 2015) traz o design biofílico como uma ferramenta fundamental para alcançar os objetivos de sustentabilidade na arquitetura e é reforçado por diversos estudos anteriores.

4.1 A CONSTRUÇÃO DO CONCEITO BIOFÍLICO

(Kellert 2008), foi um dos pioneiros do design biofílico definindo-o como “uma tentativa deliberada de satisfazer a necessidade de contato com sistemas e processos naturais do ambiente na construção civil contemporâneo, e para melhorar a saúde física e mental das pessoas, bem como sua produtividade e bem-estar”. Ele argumenta que o design biofílico pode promover o contato benéfico entre as pessoas e a natureza, produzindo assim um “impacto ambiental positivo” (Kellert 2005). Em outras palavras, o

design biofílico não se concentra apenas na redução dos impactos da construção civil no meio ambiente (Robert Berkebile and Robert Fox 2008). Este conceito tem recebido grande atenção nas últimas duas décadas.

4.1.1 Origens do Design Biofílico

O conceito de design biofílico é construído sobre, mas não se limita a, a teoria da biofilia. Muitas teorias da psicologia ambiental demonstram que a necessidade dos humanos pela “natureza” se deve a um sentimento instintivo em relação aos elementos naturais. Essas teorias explicam o mecanismo pelo qual as funções físicas e mentais são geradas a partir do contato com a “natureza” (Joye 2007a; Peters and D’Penna 2020; Ryan et al. 2014; Soderlund and Newman 2015). Essas teorias fornecem a base teórica para o desenvolvimento do design biofílico (Tabela 1).

Tabela 1. Bases teóricas do design biofílico na psicologia ambiental

Perspectiva	Teoria	Descrição
Biofilia	A hipótese biofílica (Wilson 1984, 1993)	Biofilia é “a afiliação emocional inata dos seres humanos a outros organismos vivos”. Depois que os humanos migraram para o ambiente construído, herdamos a necessidade da natureza, que evoluiu para “pensar sobre a natureza”.
	Valores Biofílicos (Kellert 1993)	A dependência da natureza é “para a sobrevivência e realização pessoal”, e os nove valores da biofilia são: “utilitarista, naturalista, científico, estético, simbólico, humanista, moralista, dominionista e negativista”.

Habitação e Habitat	Teoria da perspectiva-refúgio (Appleton 1996)	Prospecção e refúgio ocorrem simultaneamente, ou seja, “a capacidade de ver sem ser visto”. Prospect fornece “uma oportunidade desimpedida de ver” (para encontrar e reunir fontes), e o refúgio oferece “um abrigo para se esconder” (para ser protegido de ameaças externas).
	A hipótese da Savana (Orians and Heerwagen 1992)	A savana é a paisagem mista de floresta e pastagem comumente vista na África. Oferece recursos abundantes, vistas panorâmicas e árvores escaláveis que conduzem à sobrevivência. Hoje, as pessoas ainda têm preferências estéticas por ambientes semelhantes à savana.
	A estética da sobrevivência (Hildebrand 1999, 2008)	Características vantajosas de sobrevivência são identificadas para discutir as preferências da paisagem e explicar por que a natureza é fascinante na arquitetura. As cinco características são: “perspectiva e refúgio, atração, perigo e ordem complexa”.
Restauração	Teoria da recuperação do Stress (Ulrich 1983; Ulrich et al. 1991)	A recuperação do estresse se refere à exposição não ameaçada à natureza que produz emoções positivas e contribui para a saúde e o bem-estar. É apoiado por alguns recursos naturais preferidos (por

		exemplo, vegetação, água e estruturas naturais, texturas, imagens e vistas).
	Teoria da restauração da atenção (Kaplan 1995; Kaplan and Kaplan 1989)	A Restauração da Atenção ajuda a aliviar o estresse mental e a fadiga cerebral. As interações com o ambiente natural não requerem muito trabalho cognitivo, o que é benéfico para restaurar a atenção exausta.
Apego	Teoria do Apego ao Local (Hidalgo and Hernández 2001; Manzo 2003)	A Teoria do Apego ao Lugar explora a conexão emocional com os lugares e explica o “senso de lugar” e o “senso de comunidade”.

4.1.1.1 Biofilia

Wilson (1984, 1993) entende a biofilia, a “philia” (amor) de “bio” (vida ou coisas vivas), como uma resposta emocional, que é “inata”, “hereditária” e existe nos genes. Os seres humanos viveram e sobreviveram no ambiente natural durante a maior parte da história evolutiva. Quando nos mudamos para o ambiente artificial moderno, nossa dependência da natureza para a sobrevivência nos tempos primitivos foi mantida e evoluiu para a busca de conexões com a natureza para “identidade pessoal” (Kellert 1993). Portanto, a “dependência evolutiva da natureza” para “sobrevivência e realização pessoal” constitui a base da biofilia (Kellert 1993).

4.1.1.2 Habitat e Habitação

Na psicologia evolucionista, a necessidade emocional da “natureza” também é explicada como afeto herdado da experiência de escolher habitats e construir moradias. Argumenta-se que algumas paisagens ou espaços naturais eram mais propícios para a sobrevivência de nossos ancestrais; assim, algumas características identificadas a partir desses espaços “naturais” também são preferidas em espaços arquitetônicos modernos

(Appleton 1975; Hildebrand 1999, 2008; Orians and Heerwagen 1992). Organizando conscientemente essas características “naturais”, ambientes fascinantes semelhantes à natureza podem ser criados.

4.1.1.3 Restauração

Dentro da perspectiva da restauração, ambas as teorias dizem respeito à intensificação do contato com a natureza para a saúde e o bem-estar; no entanto, seus diferentes mecanismos levam a efeitos distintos. A teoria de recuperação de estresse propõe que o contato com características naturais (por exemplo, vegetação e água) pode gerar uma reação psicológica rápida e positiva. Assim, a exposição à natureza pode reduzir as emoções negativas e promover a recuperação do estresse fisiológico e de problemas de saúde (Ulrich 1983; Ulrich *et. al.* 1991). Em comparação, a teoria da restauração da atenção sugere que o consumo excessivo da atenção humana pelas tarefas cognitivas leva à fadiga cerebral e estresse mental, e uma vez que não precisamos gastar muita energia para interagir com a natureza, pode fornecer oportunidades para restaurar a atenção exaurida (Kaplan 1995; Kaplan and Kaplan 1989).

4.1.1.4 Apego

A teoria do apego ao lugar examina as conexões emocionais com lugares e argumenta que as pessoas tendem a ficar em lugares mais familiares (Hidalgo e Hernández 2001). Esta teoria ilustra ainda que a conexão com o ambiente natural local incorporando características regionais (por exemplo, geomorfologia e paisagem) em edifícios pode gerar o “senso de lugar” e “senso de comunidade”, realizando assim a identidade pessoal, pertencimento e coesão (Manzo 2003).

Observa-se então que as diversas teorias sob diferentes perspectivas apoiam o surgimento do design biofílico e convergem para sugerir que o desejo humano pela “natureza” está profundamente enraizado. Embora o desejo tenha evoluído da dependência da “natureza” para a sobrevivência para as preferências de contato com a “natureza”, a necessidade emocional da “natureza” foi preservada. No entanto, nem toda a “natureza” é benéfica para os humanos (Heerwagen and Hase 2001). Diferente das

afiliações positivas (biofilia), algumas ocorrências da “natureza” que têm efeitos psicológicos negativos, como o medo de cobras, aranhas, o mar profundo e alturas incomensuráveis, são atribuídas a outra emoção, a “biofobia” (Ulrich 1993) Portanto, é essencial discernir que tipo de “natureza” na arquitetura pode fornecer conexões positivas ou, em resumo, o que constitui o design biofílico.

4.1.2 Definindo design Biofílico

Na base teórica de vários conceitos da psicologia ambiental (conforme delineado anteriormente), a compreensão do valor do contato com a “natureza” foi traduzida para o domínio da arquitetura para explicar uma série de questões relativas à integração da “natureza” em arquitetura. O conceito de design biofílico surgiu posteriormente. A partir de 2001, acadêmicos e profissionais desenvolveram diferentes interpretações do design biofílico (Figura 1).

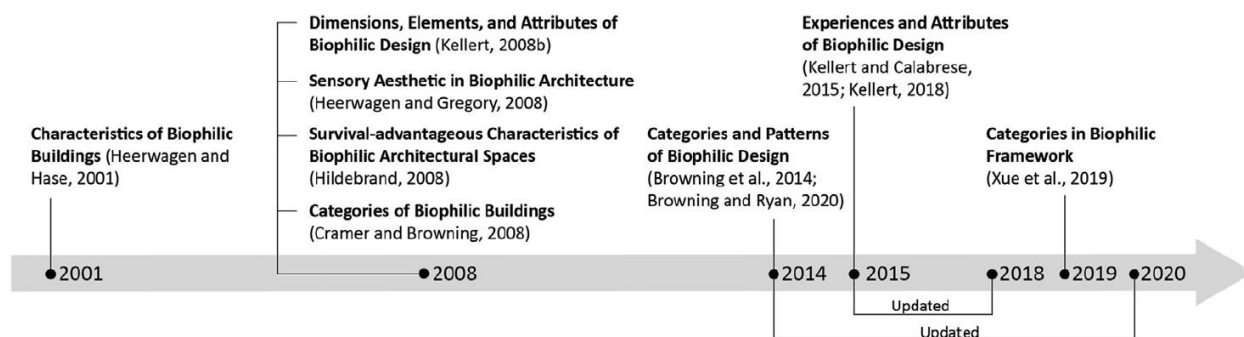


Figura 1. Linha temporal dos vários estudos sobre design biofílico.

FONTE: Zhong et. al. (2021)

Essas interpretações demonstram diferentes taxonomias arquitetônicas da “natureza”, em que a “natureza” psicologicamente experimentada e fisiologicamente percebida são discutidas. Heerwagen e Hase (2001) foram os primeiros a definir várias características da arquitetura biofílica. Eles atribuíram várias qualidades naturais em oito características baseadas na habitabilidade, elementos naturais, processo e geometria no design, bem como alegria e sedução. Sua estrutura ilustrou que a “natureza” pode ser conceituada de forma diferente na arquitetura. Alguns anos depois, um grupo de estudos biofílicos foi coautor do livro *Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of*

Bringing Buildings to Life (Kellert *et. al.* 2008). Neste livro, Kellert (2008) propôs uma interpretação mais sistemática do design biofílico com duas dimensões básicas, seis elementos e mais de setenta atributos. Heerwagen and Gregory (2008) e Hildebrand (2008) propuseram alguns atributos/características perceptíveis e reconhecíveis de espaços “naturais” que podem ser usados em layouts espaciais para criar edifícios biofílicos. Além disso, Cramer and Browning (2008) estabeleceram três categorias preliminares de construção biofílica. Baseando-se nessas três categorias, a empresa de consultoria de construção Terrapin Bright Green delineou quatorze padrões de design biofílico (Ryan et al. 2014). Da mesma forma, Kellert and Calabrese (2015) simplificaram a primeira estrutura de Kellert (2008) e propuseram uma nova que inclui vinte e quatro atributos dentro de três categorias. Posteriormente, essas duas estruturas semelhantes foram posteriormente revisadas e atualizadas por seus proponentes (Browning and Ryan 2020; Kellert 2018). Xue et al. (2019) recentemente sugeriu as conexões com a “natureza” de perspectivas individuais (construindo a saúde e o bem-estar do usuário) para perspectivas sociais (saúde pública). Entre as inúmeras interpretações de design biofílico, três estruturas conceituais atualmente representam a base para o entendimento do mesmo (Browning and Ryan 2020; Kellert 2008, 2018) (Tabela 2).

Tabela 2. Estruturas conceituais do Design Biofílico

2 Dimensões, 6 elementos, e 72 atributos do design biofílico (Kellert 2008)					
I. Naturalístico ou orgânico				II. Baseado no local ou vernacular	
1. Recursos ambientais	2. Formatos naturais	3. Padrões naturais	4. Luz e espaço	5. Relações baseadas no local	6. Relação humana-natureza
• Cor • Água • Ar • Luz solar • Plantas • Animais • Materiais Naturais • Mirantes • Fachada verde • Geologia e Paisagens • Habitats e Ecossistemas • Fogo	• Motifs botânicos • Árvores e suportes de coluna • Motifs de animais • Conchas e espirais • Formas ovais e tubulares • Arcos, abóbodas e domos • Ângulos não retos	• Viabilidade sensorial • Riqueza de informações • Eras e estações • Crescimento e florescimento • Ponto central de foco • Padrões • Espaços limitantes • Espaços de transição • Elos e séries ligadas	• Luz natural • Luz difusa e filtrada • Luz e sombra • Reflexão • Piscina de luz • Formato de luz • Amplitude • Variabilidade espacial • Formato de espaço	• Conexão geográfica, histórica, ecológica, cultural • Materiais nativos • Orientação paisagística • Construções com características paisagísticas • Ecologia paisagística	• Refúgio e prospecção • Ordem e complexidade • Curiosidade e sedução • Mudança e metamorfose • Segurança e proteção • Domínio e proteção • Ligação e afeto • Atração e beleza

	• Simulação de características naturais • Biomorfismo • Geomorfismo • Biomimética	• Partes integrantes de um todo • Contrastes complementares • Tensão e balanço dinâmico • Fractais • Escalas e Razões repetidas	• Harmonia espacial • Espaços de dentro e de fora	• Integração da cultura e ecologia • Espírito local • Significado local	• Exploração e descoberta • Informação e cognição • Medo e temor • Reverência e espiritualidade
3 experiências e 25 atributos do design biofílicos (Kellert 2018)					
1. Experiência direta da natureza		2. Experiências indiretas da natureza		3. Experiências de espaço e local	
• Luz • Ar • Água • Plantas • Animais • Paisagens • Clima • Mirantes - Fogo		• Imagens • Materiais • Textura • Cor • Formatos • Riqueza de informação • Eras e estações • Geometrias naturais • Simulações de luz e ar - Biomimética		• Prospecção e refúgio • Complexidade organizada • Mobilidade • Espaços transacionais • Local • Partes integrantes de um todo	
3 categorias e 15 padrões de design biofílicos (Browning and Ryan 2020)					
1. Natureza no espaço		2. Análogos naturais		3. Natureza do espaço	
• Conexão visual com a natureza • Conexão não visual com a natureza • Estímulo sensorial não rítmico • Variabilidade térmica e de fluxo de ar • Presença de água • Luz dinâmica e difusa - Sistemas com conexões naturais		• Padrões e formas biomórficas • Conexão material com a natureza - Complexidade e ordem		• Prospecção • Refúgio • Mistério • Risco/perigo - Temor	

Essas três estruturas são frequentemente usadas como a base conceitual para estabelecer critérios em relação ao contato/conexão natural em alguns certificados arquitetônicos importantes (por exemplo, LBC, WELL e LEED). Eles também foram adotados para investigar o design biofílico em muitos outros estudos (Abdelaal and Soebarto 2019; Aye, Hackett, and Pozzuoli 2018; Gillis and Gatersleben 2015; Park and Lee 2019; Peters and D’Penna 2020).

O objetivo geral de todas as três estruturas é ajudar os designers a compreender e aplicar o conceito de design biofílico na prática, mas essas estruturas também diferem. As interpretações de Kellert (2008, 2018) são construídas sobre a teoria da biofilia e os valores da biofilia extraídos da psicologia evolucionista. Em contraste, Browning and Ryan (2020) investigam as relações da natureza humana com base em respostas

biológicas, “saúde e bem-estar psicológico, fisiológico e funcionalidade cognitiva e desempenho” (Browning *et. al.* 2014). Além disso, a primeira estrutura de Kellert (2008) é apresentada como uma “especificação” detalhada do design biofílico. Isso mostra a ambição do desenvolvedor de usar este conceito como uma elaboração onipotente para a compreensão da “natureza” na arquitetura. No entanto, o foco muda da enumeração abrangente anterior para um modelo mais conciso e compreensível nas estruturas mais recentes. É demonstrado em dois aspectos: a estrutura do framework adotada (categorizações) e os elementos contidos e categorizados. Em termos de categorizações, os principais proponentes chegaram a um consenso sobre o fornecimento de explicações relativamente sucintas. Kellert (2008) inicialmente aplicou uma estrutura hierárquica da distinção fundamental (dimensões) às subdivisões (elementos e atributos) em sua estrutura. Aquelas que refletem direta, indiretamente ou simbolicamente formas “naturais” e que são consideradas dimensões “orgânicas ou naturalísticas”, enquanto que as culturais ou ecologicamente associadas às áreas geográficas são classificadas como dimensões “baseadas no local ou vernáculas” (Kellert 2008). No entanto, esta taxonomia hierárquica às vezes causa imprecisão, pois a ligação entre as duas “dimensões” básicas e os subsequentes “elementos” e “atributos” categorizados não foram explicados por Kellert. Assim, ele ajustou a taxonomia de três níveis para dois níveis, sintetizando “dimensões” e “elementos” previamente divididos em três “experiências”: (1) “experiência direta da natureza”, para “contato com características e características básicas do ambiente natural; (2) “experiência indireta da natureza”, para “converter a realidade empírica e objetiva em formas simbólicas e metafóricas por meio da projeção de pensamentos, imagens e sentimentos”; e (3) “experiência de espaço e lugar”, para “o cenário espacial”, para considerar “como as pessoas gerenciam e organizam suas circunstâncias ambientais” (Kellert, 2018). Da mesma forma, Browning and Ryan (2020) dividiram várias naturezas físicas, metafóricas/representacionais e as reações emocionais da natureza em três categorias: ‘natureza no espaço’, ‘análogos naturais’ e ‘natureza do espaço’.

No entanto, as ambiguidades permanecem nas duas estruturas recentes. Por exemplo, a “experiência de espaço e lugar” de Kellert (2018) é difícil de entender terminologicamente no que diz respeito a como se relaciona com o contato com a

natureza. Este tipo inclui uma gama de características espaciais da natureza descritas como 'estéticas sensoriais' ou 'vantajosas para a sobrevivência' (Heerwagen e Gregory 2008; Hildebrand 2008), bem como o requisito de um sentimento de pertencimento na Teoria do Apego ao Local (Manzo 2003). A produção desses efeitos (experiências prazerosas) requer arranjos específicos e não a mera experiência dos espaços e lugares comuns. Além disso, na estrutura de Browning and Ryan (2020), dois dos três padrões sob a categoria de “análogos naturais” também podem ser agrupados nas outras duas categorias. 'Conexão material com a natureza' como um tipo físico pode ser atribuída à 'natureza no espaço', e 'complexidade e ordem' como uma característica ou qualidade pode ser atribuída à 'natureza do espaço'.

Para essas categorias, Kellert (2008, 2018) tende a classificar a natureza diversa de acordo com características (concretas, simuladas, emocionais ou outras) e se refere a elas como “atributos”. Enquanto Browning and Ryan (2020) elaboram sobre o papel funcional da natureza no projeto arquitetônico, eles, portanto, aplicam uma linguagem de “padrão” derivada de um livro de teoria da arquitetura, *A Pattern Language* (Alexander 1977). Embora diferentes autores adotem termos diversos, alguns elementos semelhantes são incluídos. Por exemplo, 'luz', 'ar' e 'água' são semelhantes a 'luz dinâmica e difusa', 'variabilidade térmica e do fluxo de ar' e 'presença de água'; 'Clima' e 'mudanças, idades e a pátina do tempo' são descritos como 'conexão com sistemas naturais'; 'formas e formas naturais' e 'geometrias naturais' são sugeridas como 'formas e padrões biomórficos'; e 'materiais' naturais são denominados como 'conexão material com a natureza'. Além disso, eles concordam que a natureza pode ser experimentada psicologicamente por meio de arranjos espaciais deliberados, como definir “prospecção”, “refúgio”, “complexidade e ordem” ou “organização complexa” (Browning and Ryan 2020; Kellert 2018).

As divergências também podem ser testemunhadas nos elementos específicos defendidos por diferentes autores. Kellert (2018) sugere “animais” e “plantas” como dois elementos-chave individualmente porque o amor por “organismos vivos” é o cerne da teoria da biofilia, e ele inclui “fogo”, pois acredita-se que desempenhe um papel importante na sobrevivência humana. Além disso, Kellert (2018) discute “limite”, “espaços de transição” e “mobilidade” na exploração de relações locais com a natureza.

Na estrutura de Browning and Ryan (2020), um padrão único, “estímulos sensoriais não rítmicos”, é interpretado como a “conexão estocástica e efêmera com a natureza que pode ser analisada estatisticamente, mas não pode ser prevista com precisão”, como a parada ocasional de pássaros. Eles também contêm as experiências emocionais de espaços, como “mistério”, “risco/perigo”, e um padrão particular, “temor”, explicado como “estímulos incluindo outros padrões biofílicos que desafiam um quadro de referência existente e levam a uma mudança em percepção” (Browning and Ryan 2020).

Estruturas anteriores estendem/simplificam, corroboram, corrigem ou refinam umas às outras. No entanto, reconhecemos alguns problemas que podem tornar esta interpretação complicada e obscura. O primeiro são as sobreposições entre os elementos causadas pela expressão dicotômica. Nos 15 padrões (Browning and Ryan 2020), “conexão visual com a natureza” e “conexão não visual com a natureza” são independentes, enquanto os outros 13 também são amplamente cobertos pelos padrões visuais ou não visuais. Além disso, existem repetições nas classificações de Kellert (2008, 2018), como a sobreposição entre “variabilidade sensorial” e os elementos que proporcionam experiências multissensoriais (por exemplo, água, plantas e clima), e a sobreposição entre a sobreposição de “riqueza de informações” e aqueles que representam formas complexas (por exemplo, geometrias naturais e complexidade organizada). Além disso, de acordo com a definição original, apenas aqueles que geram “impactos ambientais positivos” e melhoram a “saúde física e mental das pessoas, a produtividade e o bem-estar” são incluídos no design biofílico (Kellert 2008). No entanto, “fogo” é comumente exibido através de maneiras metafóricas ou simbólicas na arquitetura contemporânea para evitar o risco de incêndio, especialmente em arranha-céus. “Estímulos sensoriais não rítmicos” são frequentemente acompanhados pela incerteza de formar respostas psicológicas instáveis e distrações. Como tal, esses elementos não atendem aos critérios para design biofílico.

Fizeram uma tentativa de abordar tanto as diferenças quanto as sobreposições na estrutura do design biofílico. Eles chegaram em três abordagens de design essenciais, cobrindo 18 elementos-chave (Figura 2).

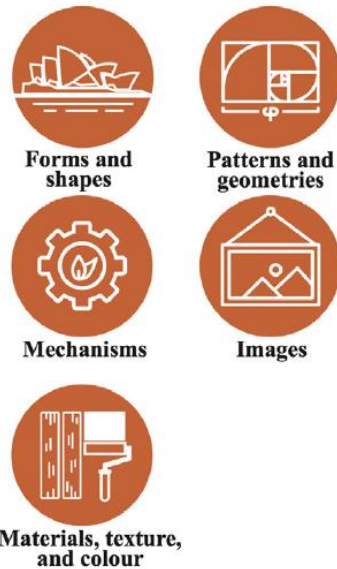
NATURE INCORPORATION

Bring in or artificially create natural elements, phenomena, and processes, and emphasise them through multi-sensory experiences.



NATURE INSPIRATION

Imitate nature (often known as 'biomimicry') and evoke the sense of nature through the delicate placement of natural features.



NATURE INTERACTION

Arrange spaces based on evolved human-nature relationships to experience nature-like environments and establish connections with the natural system or between various spaces.



Figura 2. Framework do design biofílico. Três características de design e seus elementos primários.

FONTE: Zhong et al. (2021)

Este último design biofílico, elaborou o mesmo sobre as estruturas já existentes e mencionadas anteriormente, usando métodos de curadoria de taxonomia, como correções/renomeação, adições/exclusões e revisões e edições gerais. A Interpretação das abordagens e os elementos de design foram criados para tornar o conceito de design biofílico mais tangível para arquitetos e outros profissionais de design. Podemos observar o cuidado com os elementos de design biofílico mais importantes dos vários tipos identificados de “natureza”: direto ou indireto, tangível ou intangível, morfológico ou material e muitos outros. Aquelas que podem causar incerteza e polêmica excessiva em termos de eficácia e aquelas que raramente aparecem na arquitetura urbana contemporânea são rejeitadas.

Deve-se reconhecer que esta estrutura é uma interpretação preliminar do design biofílico. Outras transformações são necessárias para materializar o conceito de design biofílico em práticas. Assim, questões de projeto arquitetônico como forma, tipologia, escala, proporção, tectônica e tecnologia devem ser investigadas em estudos futuros.

Portanto, para estreitar as sobreposições das estruturas de design biofílico existentes e filtrar elementos mais vitais na arquitetura urbana contemporânea são alguns dos desafios da sustentabilidade na arquitetura

4.2 DESIGN BIOFÍLICO NA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

Vários desafios da arquitetura sustentável encontram solução no design, principalmente no design biofílico. Há uma correlação entre os elementos de design biofílico e os objetivos sustentáveis da arquitetura.

Desde a década de 1990, o conceito de sustentabilidade tem sido amplamente discutido e explorado no meio arquitetônico. Enfrentando várias crises ambientais, como escassez de recursos, mudança climática e síndrome do edifício doente (Guy and Moore 2005). Várias abordagens sustentáveis foram exploradas como aplicação de estratégias de eficiência energética, alta e baixa tecnologia e vernaculares, analisando a natureza e os sistemas naturais para inspiração de design ou adotando materiais inteligentes, responsivos, renováveis, recicláveis e biodegradáveis. Essas diversas preocupações e abordagens de design desafiam classificações simples de arquitetura sustentável, e sua “pluralidade” tem sido elogiada (Guy and Moore 2005).

Hoje, a “sustentabilidade” ainda é considerada um conceito contestado e ambíguo. Schröder (2018) confirma que “heterogeneidade, complexidade, conflitos de objetivos e controvérsias são normais”. Ele sugere explorar o que arquitetos, engenheiros e clientes fazem com o conceito de sustentabilidade na prática por meio da estrutura da tradução de “quais desafios de sustentabilidade eles reconhecem e como, em resposta aos desafios aceitos, eles constroem metas específicas de design de sustentabilidade a fim de instruir e alinhar a equipe de design ao criar edifícios. Ao unir vários desafios e intenções ou metas de design, a noção contestada de sustentabilidade na arquitetura pode ser descompactada e entendida.

O design biofílico oferece uma série de estratégias para apoiar a sustentabilidade em arquitetura (Almusaed 2011; Almusaed et al. 2006; Jiang et al. 2020; Jones 2013; Ryan and Browning 2018; Wijesooriya and Brambilla 2021). Diferentes pesquisadores exploram esse tema por meio de diversos caminhos: discutindo valores resilientes do design biofílico em face das mudanças climáticas (Africa et al. 2019; Beatley and Newman 2013; Fink 2016) ou comparando padrões de design biofílico com SDGs (Sharifi and Sabernejad 2016). Resultados experimentais e empíricos fornecem evidências para a adoção de design biofílico na arquitetura sustentável.

Os 17 SDGs (ONU 2015) foram determinados para orientar o caminho para um futuro mais sustentável. (Mossin et al. 2018) explicaram ainda os desafios que devem ser enfrentados na arquitetura. Identificamos os diversos desafios da arquitetura sustentável a partir dessa interpretação (Mossin et al. 2018). Além disso, os elementos de design biofílico mais relevantes são determinados pela correlação de vários benefícios com diferentes elementos.

Deve-se notar que o domínio da arquitetura não contribui para os diferentes SDGs em níveis iguais. O World Green Building Council identificou 9 dos 17 SDGs como de maior potencial na arquitetura (WGBC 2016). O resultado do projeto de pesquisa ThinkNature (financiado pelo Programa de Pesquisa e Inovação Horizon 2020 da UE) também sugere 11 objetivos que poderiam ser alcançados por meio do design baseado na natureza (Somarakis et al. 2019). A Tabela 3 demonstra a inter-relação entre design biofílico e arquitetura sustentável. Os asteriscos indicam o grau de relevância das contribuições do design biofílico para os diferentes SDGs, com as notas marcadas do mais baixo (*) aos três asteriscos mais altos (***)

Tabela 3. Benefícios do Design Biofílico na arquitetura sustentável

17 SDGs	Desafios na Arquitetura sustentável	Propostas benéficas do Design Biofílico	Elementos biofílicos relevantes
* 1. Sem pobreza	•Acessibilidade na habitação	•Reduzir consumo de energia e de custos de material de construção (Stopka and Lerner 2016)	•Ar •Luz do dia •Plantas •Material, textura e cor
* 2. Fome zero	•Suprimento alimentar	•Viabilizar a produção de comida (Söderlund 2019)	•Plantas

**** 3. Saúde e bem-estar	• Ambiente confortável e saudável • Ambiente livre de substâncias nocivas • Impedimento de transmissão de doenças e de contato bacteriano • Espaços para exercícios físicos	• Reduzir a poluição do ar e melhora sua qualidade (Aydogan and Cerone 2020) • Otimizar o conforto termal (Africa et al. 2019; Hoelscher et al. 2016) • Viabilizar restauração psicológica (Berto and Barbiero 2017; Gillis and Gatersleben 2015; Lee et al. 2015; Yin et al. 2018) • Reduzir stress (Browning <i>et. al.</i> 2014) • Aumentar a taxa de saúde (Abdelaal and Soebarto, 2019) • Promover emoções positivas (Mandasari and Gamal 2017) • Encorajar atividades físicas (Korpela et al. 2017; Wallmann-Sperlich et al. 2019)	• Ar • Luz do dia • Plantas • Paisagem • Imagens • Material, textura e cor • Prospecção e refúgio • Sedução (perigo e mistério)
** 4. Qualidade na Educação	• Desempenho em ambientes de aprendizagem • Treinamento e educação de conhecimentos de desempenho sustentável	• Aumentar o desempenho cognitivo (capacidade de atenção, desempenho criativo e restauração da memória) (Abdelaal 2019; Aydogan and Cerone 2020; Hähn et al. 2020; Mangone et al. 2017; Ryan et al. 2014) • Aumentar a consciência ambiental (Boiral, Heras-Saizarbitoria, and Brotherton 2019; Church 2015)	• Ar • Luz do dia • Plantas • Paisagem
* 5. Igualdade de gênero	• Inclusão de diversos gêneros	• Permitir formas de considerar gêneros no design	• Plantas • Paisagem
* 6. Água limpa e sanitização	• Coleta e purificação de água da chuva • Resiliência em face das mudanças climáticas relacionadas à água	• Melhorar a gestão da água (gestão das águas pluviais, reciclagem da água e qualidade do escoamento da água) (Vanuytrecht et al. 2014)	• Água • Clima
** 7. Energia acessível e limpa	• Consumo de energia de aquecimento ou resfriamento, iluminação • Condições geográficas, climáticas e culturais	• Diminuir o consumo de energia (melhorar o resfriamento passivo do prédio e diminuir a temperatura percebida) (Dahanayake and Chow 2018; Hoelscher et al. 2016; Sudimac et al. 2019)	• Ar • Luz do dia • Plantas • Clima • Mecanismos
** 8. Trabalho decente e crescimento econômico	• Saúde e produtividade dos funcionários nos locais de trabalho	• Aumentar a produtividade do trabalhador (Aydogan and Cerone 2020; Gray and Birrell 2014; Hähn et al. 2020) • Aumentar o potencial de varejo (Söderlund 2019)	• Ar • Luz do dia • Plantas • Paisagem

** 9. Indústria, inovação e infraestrutura	•Desenvolvimento de infraestrutura física e digital •Padrões de construção mais rígidos em termos de poluição, consumo de energia, segurança e saúde	•Enriquecer a aparência da construção (Söderlund 2019) •Fornecer exemplos do uso de realidade virtual em design (Yin et al. 2020) •Promover incentivos políticos ou financeiros (Söderlund 2019) •Aumentar a classificação do edifício (Jiang et al. 2020; Sheweka and Mohamed 2012)	•Plantas •Tempo e mudanças sazonais •Formatos •Padrões e geometrias •Mecanismos •Complexidade e ordem
* 10. Redução das desigualdades	•Acessibilidade de infraestrutura pública (por exemplo, qualidades da paisagem, como uma praia ou vista) •Inclusão para todos os grupos e responsabilidade social de todos os membros da sociedade	•Fornecer espaços verdes/azuis públicos e acessíveis (Burls 2007; Well and Ludwig 2020)	•Água •Plantas •Paisagem
** 11. Comunidades e cidades sustentáveis	• Segurança, abrangência, robustez e resiliência de cidades e assentamentos • Preço acessível, acessibilidade, mobilidade e saúde de casas e infraestrutura	•Aumentar a habitabilidade e permitir maior densidade (Littke 2016; Simpson and Parker 2018) •Diminuir a violência e o crime (Söderlund and Newman 2017)	•Água •Ar •Luz do dia •Plantas •Paisagem •Clima •Conexão com o local
** 12. Produção e consumo responsável	•Durabilidade e ciclos de vida do edifício •Uso adequado de materiais locais	•Aumentar a expectativa de vida (Kabisch et al. 2017) •Fortalecer o uso de materiais indígenas e variedades de plantas nativas (Kellert 2018)	•Plantas •Material, textura e cor •Conexão com o local
*** 13. Ação climática	•Conforto climático com consumo mínimo de energia •Resiliente a mudanças nas condições (por exemplo, chuvas extremas, inundações, furacões, secas e ondas de calor) •Sensibilidade à cultura local, condições topográficas e climáticas	•Reduzir o consumo de energia por meio de efeitos climáticos vegetativos (Hoelscher et al. 2016; Sheweka and Mohamed 2012) •Reduzir o efeito da ilha de calor urbana (Bartesaghi Koc, Osmond, and Peters 2016; Kabisch et al. 2017) •Atenuar o ruído (Rowe 2011) •Melhorar a proteção contra o vento (Sheweka and Mohamed 2012) •Sensível à topografia e clima locais (Beatley and Newman 2013)	•Água •Ar •Luz do dia •Plantas •Paisagem •Clima •Conexão com o local

	• Soluções de adaptação climática com co-benefícios		
* 14. Vida abaixo da água	• Gestão de água de baixo custo • Regeneração de terras poluídas perto do mar	• Reduzir a poluição da água (Rowe 2011; Soderlund and Newman 2015)	• Água • Plantas • Animais
** 15. Vida terrestre	• Proteção, restauração e suporte de ecossistemas e biodiversidade	• Melhorar a biodiversidade (preservação e regeneração da diversidade de espécies) (Benvenuti 2014; Fuller et al. 2007) • Fornece habitats para animais em áreas urbanas (Africa et. al. 2019)	• Plantas • Animais • Conexões com o local
* 16. Paz, justiça e instituições fortes	• Segurança, inclusão e acessibilidade de espaços públicos e instituições	• Oferecer espaços para abrigo e sombra (Hoelscher et al. 2016)	• Plantas • Prospeção e refúgio
** 17. Parcerias nos objetivos	• Colaboração entre diferentes parceiros • Associações e networking profissional	• Apresentar exemplos de colaboração (como engenheiros e arquitetos) (Aye et al. 2018) • Permitir que instituições e organizações profissionais trabalhem juntos (Jones 2015)	• Todos os elementos do design biofílico

*Conexão fraca, ** Conexão moderada, *** Conexão forte

A partir da análise comparativa desses dois temas, descobrimos que os benefícios multiformes do design biofílico abordam diversos desafios na arquitetura sustentável. A classificação da relevância da contribuição mostra que 2 dos 17 SGD's (Objetivos 3 e 13) são fortemente apoiados pelo design biofílico, e 8 SGD's (Objetivos 4, 7, 8, 9, 11, 12, 15 e 17) também levam diretamente vantagem do design biofílico em muitos casos. Em contraste, 7 ODS (metas 1, 2, 5, 6, 10, 14 e 16) geralmente só se beneficiam das contribuições indiretas do design biofílico. Os exemplos incluem o desenvolvimento da agricultura urbana para produzir alimentos para o Objetivo 1: Fome Zero, conduzindo a gestão adequada da água para reduzir a poluição para Objetivo 14: Vida abaixo da água e muito mais. Embora o design biofílico tenha efeitos limitados na busca por esses objetivos, a exploração de benefícios indiretos fornece insights adicionais para a compreensão da noção de arquitetura sustentável. Os benefícios podem ser mensuráveis, não diretamente mensuráveis, quantificáveis, não quantificáveis, tangíveis e intangíveis. Muitos desses benefícios estão inter-relacionados, embora sejam discutidos de diferentes pontos de vista. Por exemplo, o uso adequado de materiais

naturais indígenas não só reduz os custos de construção para reduzir a pobreza (Objetivo 1), mas também contribui para a reciclagem de materiais para um consumo mais responsável (Objetivo 12). A redução da poluição do ar oferece benefícios ambientais e também está relacionada à otimização da qualidade do ar interno na saúde. Além disso, a partir da análise de benefício/desafio, algumas prioridades (por exemplo, ar, luz do dia, plantas e paisagem) no design biofílico são usados para atingir vários objetivos sustentáveis. Diante das mudanças climáticas, precisamos explorar mais soluções com Co benefícios para a arquitetura sustentável (Barron et al. 2019; Mossin et al. 2018). Portanto, mais pesquisas qualitativas e quantitativas são necessárias para identificar estratégias de design biofílico e diretrizes no desenvolvimento de soluções eficientes e apoiar a aprovação de critérios.

4.3 ESTRATÉGIAS DE DESIGN BIOFÍLICO E EXEMPLOS

Os defensores do design biofílico sugeriram muitas estratégias, prioridades e considerações de design. Alguns deles foram discutidos em diferentes escalas nas cidades (Beatley and Newman 2013; Salingaros and Masden 2008; Wilson 2008). Alguns ambientes internos pré-ocupados (McGee and Marshall-Baker 2015) ou edifícios específicos (Lee and Park 2018; Peters and D’Penna 2020). Alguns foram extraídos da arquitetura histórica (N. Ramzy 2015), e outros foram baseados em diferentes atributos ou padrões (Browning *et. al.* 2014; Kellert 2018).

A Tabela 3 compila as estratégias de design biofílico usadas na arquitetura e elabora os 18 elementos da estrutura de design biofílica proposta. Os efeitos positivos e negativos desses elementos no edifício também são discutidos nas colunas “Força e Oportunidades” e “Pontos Fracos e Ameaças”. Casos de design são coletados para ilustrar cada elemento de design.

Elementos Biofílicos	Estratégias de design	Vantagens e oportunidades	Desvantagens e problemas	Exemplos
----------------------	-----------------------	---------------------------	--------------------------	----------

Água	• Construir paisagens aquáticas, como fontes, pântanos, lagoas, paredes de água, bicas de água da chuva, aquários, etc. • Ter acesso a recursos naturais de água, como cachoeiras, rios, riachos, oceanos, etc. (Browning <i>et. al.</i> 2014; Kellert 2018)	• Cria múltiplas experiências sensoriais de água e diversas configurações e aparência da água • Expande a área total de água • Prioriza a água fluente sobre a água parada (Hunter, MacDonald, and Carter 2010; Ryan et al. 2014; White et al. 2010)	• Grande volume e grande turbulência de água que afeta a qualidade acústica e a umidade • Traz emoções negativas (biofóbicas) (por exemplo, medo de águas profundas) • Aumenta o consumo de energia (Browning <i>et. al.</i> 2014; Ulrich 1993)	 Loja da Apple na Piazza Liberty, Milão (Itália), Foster e colaboradores, construído em 2018
Ar	• Aumentar a ventilação natural usando janelas, aberturas, estruturas mais estreitas, etc. • Simular o ar natural e a ventilação através de janelas, aberturas, dutos de ar, varandas, sistemas HVAC, etc. (Gou, Prasad, and Lau 2014; Kellert 2018; Ryan et al. 2014)	• Enriquece a variabilidade sensorial e reduz o tédio e a negatividade imitando as mudanças sutis dos ventos • Amplia a faixa aceitável de conforto térmico (Nicol and Humphreys 2002; Ryan et al. 2014)	• A ventilação natural pode aumentar a circulação de poluentes • A ventilação em climas úmidos aumenta o risco de contaminação por mofo (Shi et al. 2018)	 Bar e Restaurante da Montanha, Zunyi (China), por ZJJZ Atelier, construído em 2018
Luz do dia	• Trazer luz natural através de paredes de vidro, claraboias, átrios, cores/materiais reflexivos, etc. • Imitar as qualidades espectrais e ambientais da luz natural, organizando várias fontes de luz elétrica de baixo brilho, com iluminação	• Luzes e sombras dinâmicas formam transições entre espaços internos e externos que são fascinantes • Luzes de alto contraste chamam a atenção e evocam uma sensação de sacralidade	• Brilhos e luminosidade interferem no desempenho visual, podendo gerar distração • Pode levar ao superaquecimento e diminuição do desempenho do edifício (Browning <i>et. al.</i> 2014; Cramer and Browning 2008)	 Instituto do Mundo Árabe, Paris (França), por Ateliers Jean Nouvel, construído em 1987

	ambiente difusa nas paredes/teto e no tratamento de janela que preserva a luz do dia (Browning <i>et. al.</i> 2014; Kellert 2018)	• Apoia a produtividade e impulsiona as vendas no varejo (Aries, Aarts, and Van Hoof 2013; Cramer and Browning 2008; Hähn et al. 2020; Hraska 2015; Lotfabadi, Alibaba, and Arfaei 2016; McGee and Marshall-Baker 2015; Ryan et al. 2014; Söderlund 2019; Yoon 2018)		
Plantas	• Trazer a vegetação para dentro com vasos de plantas e paredes verdes internas • Incorporar plantas em edifícios usando telhados verdes, paredes e fachadas verdes, grandes átrios com configurações semelhantes a parques, bolsões verdes, etc. (Chang and Chen 2005; Kellert 2018)	• Aumenta a cobertura de espaços verdes, proporção de plantas nativas e biodiversidade • Melhora a capacidade de sombreamento/ proteção e reduz o consumo de energia do edifício • Plantas comestíveis promovem a produção de alimentos para a agricultura urbana • Fornece espaços verdes acessíveis e apoia a prática de exercícios físicos • Fornece conexões visuais com espaços verdes para restauração, redução do estresse,	• Pode causar problemas estruturais, umidade excessiva, problemas com insetos, problemas de odor, etc. • Plantas individuais e jardins isolados têm impactos limitados • Projetos altamente artificiais requerem muita energia e manutenção (Barton and Pretty 2010; Kellert 2018; Maes et al. 2016; Oldfield et al. 2015; Revell and Anda 2014)	 Museu do Quai Branly, Paris (França), por Patrick Blanc, construído em 2004

		produtividade e clima positivo • Reduz a poluição do ar e otimiza a sua qualidade (Aydogan and Cerone 2020; Barton and Pretty 2010; Grinde and Patil 2009; Hoelscher et al. 2016; Korpela et al. 2017; Maes et al. 2016; Söderlund 2019)		
Animais	• Criar espaços para acomodar animais, como lagos, aquários, etc. • Construir áreas de convivência amigáveis aos animais para atraí-los, como caixas de ninho, jardins, telhados/paredes verdes, etc. Kellert (2018)	• Aumenta a biodiversidade e enriquece as espécies locais • Forma um ecossistema com plantas, solo, água e características geológicas interconectadas (Kellert 2018; Maes <i>et. al.</i> 2016)	• O contato com alguns animais específicos (por exemplo, cobras e aranhas) ou a visão de animais mortos pode causar emoções negativas (biofóbicas) Ulrich (1993)	 Mellor escola primária, Stockport (IN), por Sarah Wigglesworth Architects, construído em 2015
Paisagem	• Construir paisagens em locais como pântanos, pastagens, pradarias, florestas e outros habitats • Criar paisagens interiores em átrios, pátios, áreas de entrada, corredores, etc. • Fornecer vistas da janela de paisagens naturais, como florestas, mares e rios (Kellert 2018; Schweitzer, Gilpin, and Frampton	• Melhora a conexão mental de paisagens coerentes e ecologicamente conectadas • Otimiza a paisagem natural e minimiza os requisitos de gestão das mesmas (Hwang, En, and Yue 2015; Kellert 2018)	• Decorações superficiais e configurações exóticas e isoladas • Falta de participação e imersão • Abrigo, distância e altura inadequadas para visualizar paisagens Kellert (2018)	 Museu de arte Chichu, ilha Naoshima (Japão), por Tadao Ando, construído em 2004

	2004; Xue et al. 2019)			
Clima	•Aumentar a exposição ao clima por meio de janelas, alpendres, sacadas, terraços, pátios, etc. •Aumentar a consciência das condições meteorológicas usando telhados transparentes, coletores de água da chuva e bicas, etc. •Simular a experiência do clima, como luz do sol, fluxo de ar, umidade, temperatura e pressão barométrica Kellert (2018)	•Permite acesso visual ao clima (mais econômico) e experiências físicas para perceber o clima •Otimiza as visualizações da janela •Adota superfícies permeáveis para gerenciamento de águas pluviais •Integra sistemas de tratamento de água da chuva no projeto paisagístico (Beatley 2011; Ryan et al. 2014; Vanuytrecht et al. 2014; Xue et al. 2019)	•Condições meteorológicas extremas e mudanças climáticas não são benéficas para a saúde e o conforto humanos (Coren and Safer 2020)	 Sun Rain Rooms, Londres (IN), por Tonkin Liu Architects, construído em 2017
Tempo e mudanças sazonais	•Apresentar as vistas da fachada do edifício e a aparência que mudam após longa exposição à natureza •Fornece visualizações das mudanças sazonais nas plantas Kellert (2018)	•Cria uma sensação de maturidade (por exemplo, materiais desgastados ao longo do tempo) para resistir à sensação não autêntica e não confiável do ambiente artificial •Fornece várias experiências sensoriais (Kellert 2018; Park and Lee 2019)	•Os blocos de construção podem ser danificados ou dilapidados com o tempo •A percepção das mudanças sazonais depende das preferências individuais •Diferenças nos efeitos visuais das plantas em diferentes estações causam instabilidade (Eroğlu, Müderrisoğlu, and Kesim 2012)	 Bosco Verticale, Milão (Itália), por Stefano Boeri Architects, construído em 2014

Formas	• Imitar os contornos dos organismos (design biomórfico) em formas de construção, sistemas estruturais, componentes e espaços interiores • Os elementos biomórficos podem ser de fauna e flora, conchas, espirais, formas ovais, tubulares, arcos, abóbadas, cúpulas, etc. (Joye 2007a; Kellert 2008, 2018; Ryan et al. 2014)	• Cria as conexões culturais e ecológicas com os ambientes circundantes na expressão da forma e da estética • Enriquece a criatividade dos arquitetos (Kellert 2018; Pawlyn 2019)	• O uso excessivo e a repetição de formas e formatos podem causar tédio visual Browning <i>et. al.</i> (2014)	 Metropol Parasol, Sevilha (Espanha), por J. Mayer H. Architects, construído em 2011
Padrões e geometrias	• Adotar fractais, proporções organizadas hierárquicas e escalas em projetos • Usar a série de Fibonacci (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34.) Ou Razão Áurea (1:1,618) • Escolher a proporção intermediária (1: 1,3 e 1,75) (Md Rian and Sassone 2014; N. Ramzy 2015; Ryan et al. 2014)	• Construir em duas ou três dimensões (como pisos, paredes, móveis, janelas e arcos) aumenta a variedade • Usa computadores para gerar formas e estruturas complexas e permite o uso de novos materiais • Aumenta simultaneamente e a eficiência estrutural e o apelo estético • Gera complexidade visual (Md Rian and Sassone 2014; N. S. Ramzy 2015; Ryan et al. 2014;	• Formas arquitetônicas complexas geralmente requerem orçamentos mais altos • Pode causar caos e desordem no prédio, e fazer os residentes se sentirem desconfortáveis e desagradáveis (El-Darwish 2019)	 Capela Agri, Nagasaki (Japão), por Yu Momoeda Architecture Office, construído em 2016

		Vaughan and Ostwald 2011)		
Mecanismos	•Aprender como outras espécies nos ajudam a atender às necessidades funcionais (Biomimética), como cupins e aranhas que inspiraram a eficiência dos controles climáticos e a resistência estrutural dos materiais de construção. (Kellert 2018; Yuan et al. 2017)	•Melhora o desempenho do edifício em termos de conforto interno e consumo de energia •Melhora a eficiência dos recursos de construção e a capacidade de autocompensar e regular •Inova a forma do edifício e o design estrutural (por exemplo, estrutura de grande vão, estrutura de casca fina ou estrutura de membrana, etc.) •Melhora a durabilidade do edifício (Kellert 2018; Yuan et al. 2017)	•O erro humano inevitável em imitar a natureza pode causar um desequilíbrio no sistema e põe ainda mais em perigo todo o ecossistema maior •Foca na imitação da forma externa e silhueta, mas negligencia a economia e a viabilidade na estrutura e construção (Yuan et al. 2017)	 Centro Aquático Nacional de Beijing, Beijing (China), por PTW Architects, CSCEC, CCDI e Arup, construído em 2007
Imagens	•Apresentar cenas naturais, plantas, animais, água, paisagens ou características geológicas em pinturas, fotografias, vídeos e tecidos. •Incluir uma rica variedade de espécies, paisagens ou experiências de sobrevivência humana na natureza. (Browning et al. 2014; Kellert 2018)	•Fornece oportunidades de se conectar com a natureza em ambientes fechados especiais (por exemplo, salas de radiação em hospitais) •Gera distrações positivas para liberar ansiedade, medo e estresse •Evoca uma sensação de natureza; conectado (Beck 1999; Berman, Jonides, and	•Pode ser menos eficaz do que visualizar cenas naturais reais - Algumas imagens produzem efeitos indesejáveis (por exemplo, natureza estéril/degradada ou sem tema, isolados, elementos aleatórios) •É influenciado pela preferência pessoal por tipos de imagens naturais (De Groot and Van Den Born 2003; Kellert	 Hospital do centro médico Erasmus, Rotterdam (Holanda), por EGM architects, construído em 2018

		Kaplan 2008; Kellert 2018; McGee and Marshall-Baker 2015; Vaughan and Ostwald 2011; Yin et al. 2020)	2018; Ryan et al. 2014)	
Material, textura e cor	•Adotar materiais naturais como madeira, bambu, rocha, pedra, argila, etc. •Considerar texturas além dos materiais, como luz, cor e som •Usar cores naturais, como azul, verde e outras cores terrestres (Kellert 2018; Tsunetsugu, Miyazaki, and Sato 2007)	•Desperta a impressão de variabilidade natural usando diferentes materiais e cores •Permite superfícies texturizadas ásperas e sem acabamento •Substitue o aço, concreto, etc. como materiais de construção na redução da pegada de carbono e promoção da sustentabilidade •Possue materiais naturais curvilíneos para criar edifícios de formato orgânico (Kellert 2018; Nurdiah 2016)	•A eficácia do design de cor (verde) em ambientes reais é incerta •Cores excessivamente brilhantes ou de alto contraste produzem efeitos de pressão, e algumas cores (por exemplo, marrom podre) geram associações negativas •Aumentar a disputas entre materiais naturais não processados, elaborados e sintéticos Kellert (2018)	 Escola Panyaden, Chiang Mai (Tailândia), por 24H > architecture, construído em 2010
Prospecção e refúgio	•Conceber espaços com duas características complementares: vistas/vistas abertas (perspectiva) e sob abrigos/ambientes seguros (refúgio) • Permitir experiências por meio de vistas de janelas e sacadas, pátios, colunatas, etc. •Usar iluminação controlável para	•Fornece vistas abertas e uma sensação de fechamento para prazer e segurança simultâneos •Considera espaços de refúgio em perspectiva multifuncionais para atender às necessidades de diferentes atividades •Constrói cenas atraentes,	•O prospecto requer distâncias focais de 6 m, de preferência 30 m, e alturas de partição de 107 cm •O equilíbrio entre prospecto e refúgio é difícil de definir •A qualidade da vista depende muito dos ambientes circundantes (por exemplo, a vista de um lago é	 Casa Arango Marbrisa, Acapulco (México), por John Lautner, construído em 1973

	projetar espaços com efeitos de refúgio (Kellert 2018; Kent Bloomer 2008; Ryan et al. 2014)	atraindo clientes em potencial •Ajuda a se recuperar do estresse e fadiga mental •Os efeitos podem ser aprimorados por complexidade e mistério adicionais (Dosen and Ostwald 2013, 2016; Gatersleben and Andrews 2013; Ryan et al. 2014)	considerada muito mais confortável do que a de uma geleira). (Dosen and Ostwald 2013; Mumcu, Duuml;zenli, and Ouml;zilen 2010; Ryan et al. 2014)	
Complexidade e ordem	•Organizar detalhes ricos e diversidade de maneira ordenada •Considerar formas naturais, padrões e geometrias, especialmente em estruturas de edifícios expostas, fachadas e detalhes •Escolher materiais com texturas e cores específicas ou organizar cuidadosamente a variedade e a localização das plantas (Browning <i>et. al.</i> 2014; Kellert 2018)	•Aumenta a riqueza de informações em planos-mestre, paisagens, formas e estruturas de construção e materiais •Desperta interesse visual e preferência •Usa algoritmos de computador para realizar operações matemáticas e geométricas •Reforça a estética das fachadas dos edifícios (Abboushi et al. 2019; Van den Berg, Joye, and Koole 2016; Ryan et al. 2014; Whang 2011)	•O tédio pode ser causado por geometria fractal repetida •Falta de consenso sobre a qualidade da riqueza e complexidade visual e experiencial •Dimensões fractais distintas levam a diferenças nos efeitos (a maioria considera que 1.3 e 1.5 é confortável e 1.5 e 1.7 é mais interessante) (Abboushi et al. 2019; Dosen and Ostwald 2013; Ryan et al. 2014)	 Estação Cruz do Rei, Londres (IN), por John McAslan e colaboradores, construída em 2012

Sedução (Perigo e Mistério)	• Gera “perigo” usando bordas infinitas, fachadas transparentes, caminhos sob a água, cenas que desafiam a gravidade, etc. • Cria “mistério” através de caminhos sinuosos, materiais translúcidos, fontes de som imperceptíveis, obscurecendo ou curvando as bordas, etc. (Browning <i>et. al.</i> 2014; Kellert 2018)	• Produz atração estética • Aumenta o mistério revelando espaços lentamente ou criando sombras dramáticas • Oportuniza o enriquecimento de paisagens e plantas (Browning <i>et. al.</i> 2014; Heerwagen and Gregory 2008; Hildebrand 2008)	• Cria experiências de perigo acarreta riscos de lesões físicas • A sensação de insegurança pode levar a desconforto psicológico • Não aplicável a todos os usuários e locais • Aumenta os custos de manutenção em jardins paisagísticos (Browning <i>et. al.</i> 2014; Dosen and Ostwald, 2013)	 Museu de artes de Los, Los Angeles (EUA), por Michael Heizer, construído em 2012
Conexão ao local	• Fornecer vistas de pontos de referência proeminentes, paisagens, paisagens aquáticas, formas geológicas, etc. • Usar materiais indígenas e variedades de plantas nativas • Aplicar recursos de paisagem para definir formas de construção ou projeto paisagístico dedicado, como ambientes semelhantes a savanas (Kellert 2008, 2018)	• Estabelece conexões através de várias dimensões (por exemplo, cultura, história, geografia e ecologia) • Gera um “senso de lugar” e satisfazer as preferências por lugares familiares (anexo de lugar) • Evoca um sentimento de pertencimento e apóia a autoidentidade integrando partes no todo (vínculo com a natureza) • Apóia o relaxamento e o conforto psicológico e a segurança	• A incompreensão da cultura e do contexto pode levar a informações inadequadas ou abuso • Uma sensação de perda pode ser provocada quando os projetos mudam negativamente ou são demolidos (Liu et al. 2018; Mazumdar 2008)	 Museu de história de Ningbo, Ningbo (China), por Amateur Architecture Studio, construído em 2008

		(Colding et al. 2020; Hashemnezhad, Heidari, and Mohammad Hoseini 2013; Kellert 2008; Raymond, Brown, and Weber 2010; Scannell and Gifford 2017; Tang, Sullivan, and Chang 2014)		
Conexões de espaços	• Permitir ligações do interior e exterior em espaços de transição, como alpendres, pátios, varandas, pavilhões, jardins, áreas de entrada, foyers, átrios, etc. • Considerar a mobilidade em espaços como entradas, saídas, corredores, escadas, elevadores altos de vidro, etc. (Kellert 2008, 2018)	• Melhora a ordem espacial e cria conexões sequenciais de espaços com limites claros, padrões ideais de movimento e a identidade geral • Desfoca os limites internos e externos para atrair a natureza para o edifício • Estimula a mobilidade (passeios) para evitar situações sedentárias • Permite a interação dentro do edifício, alcançando cenas naturais com designs diferentes por meio de caminhos ou rampas (Alvaro et al. 2015; Kellert 2018; Lau, Gou, and Liu 2014; Yoon 2018)	• Os espaços de transição são complexos e envolvem múltiplos desafios para design, construção e manutenção • Caminhos de função única podem criar monotonia e tédio (Lau et al. 2014)	 Frey House II, Palm Springs (EUA), por Albert Frey, construído em 1964

Os designers devem possuir conhecimento interdisciplinar e escolher estratégias de design adequadas de acordo com seus objetivos de design ou resultados esperados, como potenciais reações físicas e psicológicas (Browning *et. al.* 2014). No entanto, ao investigar os benefícios do design biofílico, a maioria das pesquisas anteriores negligenciou a diversidade de tais práticas e não conseguiu vincular os impactos aos elementos eficazes. Essas interpretações generalizadas obscurecem a multiformidade das abordagens e elementos do design biofílico, que são obstáculos para transformar esse conceito em prática. Além disso, a aplicação desses elementos exige conhecimento de muitos subcampos da pesquisa arquitetônica, como materialidade, tectônica, sistemas mecânicos e mobilidade; no entanto, esses subcampos raramente são associados em estudos de design biofílico. Portanto, é necessário associar alvos de design a elementos específicos de design biofílico e convidar mais especialistas em áreas relevantes para participar do desenvolvimento de diretrizes aplicáveis.

5. METODOLOGIA

Para desenvolver este trabalho foi adotado diversos métodos de busca, triagem e seleção. Os termos-chave “biofilia”, “design biofílico”, “arquitetura biofílica” e “construção biofílica” são usados na pesquisa inicial de artigos. Três bancos de dados são considerados: Scopus, Web of Science e Google Scholar. Os critérios inclusivos gerais definidos para identificar publicações relevantes são: (1) explicar o conceito ou as estratégias de design do design biofílico; (2) discutir no âmbito da arquitetura, especialmente da arquitetura urbana; (3) examinar os impactos do design biofílico por meio de achados empíricos ou experimentais; e (4) relacionar aos objetivos de sustentabilidade na arquitetura. Para cada parte específica do trabalho, os critérios de pesquisa foram desenvolvidos para selecionar a literatura relevante. Ao revisar a base teórica do design biofílico, extraímos quatro conceitos relevantes (biofilia, habitat e moradia, restauração e lugar). Ao definir o design biofílico, selecionamos mais tipos de publicações para identificar as estruturas-chave de uma gama mais ampla de interpretações. Além disso, ao interconectar o design biofílico e a arquitetura sustentável e elaborar os prós e os contras de diferentes estratégias de design, a revisão da literatura

foi estendida a outros subcampos relevantes na arquitetura (por exemplo, materialidade, tectônica, sistemas mecânicos e mobilidade) para obter conhecimento interdisciplinar.

6. CONCLUSÃO

O design biofílico não deve se limitar a ideias promissoras sem comprovação científica; tais ideias precisam ser avaliadas e quantificadas. No entanto, a avaliação quantitativa da arquitetura biofílica é um desafio significativo (Ryan *et. al.* 2014). Por um lado, muitos fatores relativamente subjetivos são difíceis de medir. Por outro lado, o design biofílico é um tópico relativamente novo e carece de estudos quantitativos. Embora o foco deste estudo não seja desenvolver critérios de avaliação, a identificação de índices quantitativos pode ajudar os especialistas em arquitetura a se envolverem ainda mais no projeto biofílico. Alguns índices são listados aqui para consideração: tamanho da área da água, nível de umidade, nível de ruído, taxa de ventilação do ar, taxa de suprimento de ar, nível de CO₂, temperatura, fator de luz do dia, autonomia da luz do dia, números de espécies de plantas e animais (nível de biodiversidade), espaço verde acessível área e taxa, área de espaço verde visível e taxa, escala da copa das árvores, tamanho e densidade da planta interna, tipo e quantidade de material natural, brilho e contraste de cor, distâncias focais em perspectiva e dimensão fractal em complexidade.

No entanto, as análises quantitativas têm limitações; muitos fatores relacionados à psicologia ambiental, como o sentimento de pertencimento, a realização da identidade pessoal e a satisfação das preferências estéticas, são difíceis de quantificar. Os índices qualitativos e quantitativos são fornecidos nos critérios de avaliação de alguns certificados de construção. Dentro da ampla gama de design biofílico, os índices desenvolvidos raramente excedem os elementos físicos naturais, como água e espaços verdes. Portanto, para estabelecer um sistema de avaliação científica para design biofílico, investigações de temas arquitetônicos como tipologia, forma, escala, composição, ordem, tectônica e tecnologia devem ser estendidas.

A estrutura de design biofílico sugerida neste estudo, que abrange uma ampla variedade de abordagens e elementos de design, fornece um método para reexaminar e reavaliar como a “natureza” foi (conscientemente) incorporada em muitos designs

atraentes antes do surgimento do design biofílico . “Biofilia” é uma qualidade que também está presente na arquitetura histórica (Ramzy 2015a). Embora tais estruturas possam não ter sido projetadas com o conceito de biofilia em mente, elas ainda mostram as preocupações e esforços dos arquitetos para se conectar com a natureza. Por exemplo, o Jardim Japonês Zen em Ryōan-Ji é uma boa ilustração da arquitetura tradicional que coexiste com a natureza por meio de paisagens naturais metafóricas; o Jardim do Humilde Administrador na China imita a riqueza de informações da natureza por meio de diferentes combinações de pedras, plantas, arquitetura e água; a Catedral de São Basílio em Moscou lembra formas e formas naturais; e a Catedral de Milão é um exemplo da incorporação de padrões e geometrias naturais. Além disso, projetos biofílicos proeminentes podem ser vistos na arquitetura moderna, como a Grande Sala de Trabalho da Sede da Johnson Wax (projetada em 1936) e a Sydney Opera House (projetada em 1957). Todos esses projetos demonstram a importância indiscutível do design biofílico na vida humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abboushi, Belal, Ihab Elzeyadi, Richard Taylor, and Margaret Sereno. 2019. “Fractals in Architecture: The Visual Interest, Preference, and Mood Response to Projected Fractal Light Patterns in Interior Spaces.” *Journal of Environmental Psychology* 61:57–70.
- Abdelaal, Mohamed S. 2019. “Biophilic Campus: An Emerging Planning Approach for a Sustainable Innovation-Conducive University.” *Journal of Cleaner Production* 215:1445–56.
- Abdelaal, Mohamed S. and Veronica Soebarto. 2019. “Biophilia and Salutogenesis as Restorative Design Approaches in Healthcare Architecture.” *Architectural Science Review* 62(3):195–205.
- Abergel, Thibaut, Brian Dean, and John Dulac. 2017. “Towards a Zero-Emission, Efficient, and Resilient Buildings and Construction Sector.” *UN Environment and International Energy Agency*.
- Africa, Julia, Judith Heerwagen, Vivian Loftness, and Catherine Ryan Balagtas. 2019.

- "Biophilic Design and Climate Change: Performance Parameters for Health."
Frontiers in Built Environment 5:28.
- Alexander, Christopher. 1977. *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*.
New York: Oxford University Press.
- Almusaed, A., A. Almssad, Z. K. Abdushaik, and S. Khalil. 2006. "Biophilic Architecture, the Concept of Healthy Sustainable Architecture." *PLEA 2006: 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture* 383–87.
- Almusaed, Amjad. 2011. "Biophilic and Bioclimatic Architecture : Analytical Therapy for the next Generation of Passive Sustainable Architecture." 422.
- Alvaro, Celeste, Andrea J. Wilkinson, Sara N. Gallant, Deyan Kostovski, and Paula Gardner. 2015. "Evaluating Intention and Effect: The Impact of Healthcare Facility Design on Patient and Staff Well-Being."
<https://doi.org/10.1177/1937586715605779> 9(2):82–104.
- Appleton, Jay. 1996. "The Experience of Landscape." 282.
- Aries, M. B. C., M. P. J. Aarts, and J. Van Hoof. 2013. "Daylight and Health: A Review of the Evidence and Consequences for the Built Environment:"
<http://dx.doi.org/10.1177/1477153513509258> 47(1):6–27.
- Aydogan, Ahu and Ryan Cerone. 2020. "Review of the Effects of Plants on Indoor Environments:" <https://doi.org/10.1177/1420326X19900213> 30(4):442–60.
- Aye, Elaine, Daniel Hackett, and Chiara Pozzuoli. 2018. "THE INTERSECTION OF BIOPHILIA AND ENGINEERING IN CREATING SUSTAINABLE, HEALTHY AND STRUCTURALLY SOUND BUILT ENVIRONMENTS." *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 217:663–73.
- Barron, Sara, Sophie Nitoslowski, Kathleen L. Wolf, Angie Woo, Erin Desautels, and Stephen R. J. Sheppard. 2019. "Greening Blocks: A Conceptual Typology of Practical Design Interventions to Integrate Health and Climate Resilience Co-Benefits." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2019, Vol. 16, Page 4241 16(21):4241.
- Bartesaghi Koc, Carlos, Paul Osmond, and Alan Peters. 2016. "Towards a Comprehensive Green Infrastructure Typology: A Systematic Review of Approaches, Methods and Typologies." *Urban Ecosystems* 2016 20:1 20(1):15–35.

- Barton, Jo and Jules Pretty. 2010. "What Is the Best Dose of Nature and Green Exercise for Improving Mental Health- A Multi-Study Analysis." *Environmental Science and Technology* 44(10):3947–55.
- Beatley, Timothy. 2011. *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. edited by E. O. Willson. Washington, D.C.: Island Press.
- Beatley, Timothy. 2017. "Biophilic Cities and Healthy Societies." *Urban Planning* 2(4):1–4.
- Beatley, Timothy and Peter Newman. 2013. "Biophilic Cities Are Sustainable, Resilient Cities." *Sustainability 2013, Vol. 5, Pages 3328-3345* 5(8):3328–45.
- Beck, Ulrich. 1999. *World Risk Society*. Malden MA: Polity Press.
- Benvenuti, Stefano. 2014. "Wildflower Green Roofs for Urban Landscaping, Ecological Sustainability and Biodiversity." *Landscape and Urban Planning* 124:151–61.
- Van den Berg, Agnes E., Yannick Joye, and Sander L. Koole. 2016. "Why Viewing Nature Is More Fascinating and Restorative than Viewing Buildings: A Closer Look at Perceived Complexity." *Urban Forestry & Urban Greening* 20:397–401.
- Berman, Marc G., John Jonides, and Stephen Kaplan. 2008. "The Cognitive Benefits of Interacting with Nature." *Psychological Science* 19(12):1207–12.
- Berto, Rita and Giuseppe Barbiero. 2017. "The Biophilic Quality Index. A Tool to Improve a Building from 'Green' to Restorative." *Visions for Sustainability* 0(8).
- Boiral, Olivier, Iñaki Heras-Saizarbitoria, and Marie Christine Brotherton. 2019. "Nature Connectedness and Environmental Management in Natural Resources Companies: An Exploratory Study." *Journal of Cleaner Production* 206:227–37.
- Browning, William D. and Catherine O. Ryan. 2020. "What Is Biophilia and What Does It Mean for Buildings and Spaces?" Pp. 1–9 in *Nature Inside*. RIBA Publishing.
- Burls, Ambra. 2007. "People and Green Spaces: Promoting Public Health and Mental Well-Being through Ecotherapy." *Journal of Public Mental Health* 6(3):24–39.
- Chang, Chen Yen and Ping Kun Chen. 2005. "Human Response to Window Views and Indoor Plants in the Workplace." *HortScience* 40(5):1354–59.
- Church, Sarah P. 2015. "Exploring Green Streets and Rain Gardens as Instances of Small Scale Nature and Environmental Learning Tools." *Landscape and Urban Planning* 134:229–40.

- Colding, Johan, Matteo Giusti, Andreas Haga, Marita Wallhagen, Stephan Barthel, Marita Wallhagen@hig, (M W Se, Stephan Barthel@hig, and (S B Se. 2020. "Enabling Relationships with Nature in Cities." *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 4394 12(11):4394.
- Coren, Emily and Debra L. Safer. 2020. "Solutions Stories: An Innovative Strategy for Managing Negative Physical and Mental Health Impacts from Extreme Weather Events." *Climate Change Management* 441–62.
- Cramer, J. S. and W. D. Browning. 2008. "Transforming Building Practices through Biophilic Design." Pp. 335–46 in *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*, edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. L. Mador. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Dahanayake, Kalani C. and Cheuk Lun Chow. 2018. "Passive Energy Performance of Vertical Greenery Systems (VGS) Under Different Climatic Conditions." *Smart Innovation, Systems and Technologies* 131:277–86.
- Dosen, Annemarie S. and Michael J. Ostwald. 2013. "Prospect and Refuge Theory: Constructing a Critical Definition for Architecture and Design." *The International Journal of Design in Society* 6(1):9–24.
- Dosen, Annemarie S. and Michael J. Ostwald. 2016. "Evidence for Prospect-Refuge Theory: A Meta-Analysis of the Findings of Environmental Preference Research." *City, Territory and Architecture* 3(1):1–14.
- El-Darwish, Ingy Ibrahim. 2019. "Fractal Design in Streetscape: Rethinking the Visual Aesthetics of Building Elevation Composition." *Alexandria Engineering Journal* 58(3):957–66.
- Eroğlu, Engin, Haldun Müderrisoğlu, and Güniz Aiknic Kesim. 2012. "The Effect of Seasonal Change of Plants Compositions on Visual Perception." *Vilnius Gediminas Technical University* 20(3):196–205.
- European Commision. 2003. *Indoor Air Pollution: New EU Research Reveals Higher Risks than Previously Thought*.
- European Commission. 2015. "Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities."
- Fink, Helen Santiago. 2016. "Human-Nature for Climate Action: Nature-Based Solutions

- for Urban Sustainability.” *Sustainability* 2016, Vol. 8, Page 254 8(3):254.
- Fromm, Erich. 1974. “Love of Death and Love of Life.” B.A. Drabeck et Al. (Eds.), *Structures for Composition, Boston (Houghton Mifflin) 1974, Pp. 193-198 [= 1964a, Pp. 38-48 Passim]*.
- Fuller, Richard A., Katherine N. Irvine, Patrick Devine-Wright, Philip H. Warren, and Kevin J. Gaston. 2007. “Psychological Benefits of Greenspace Increase with Biodiversity.” *Biology Letters* 3(4):390–94.
- Gatersleben, Birgitta and Matthew Andrews. 2013. “When Walking in Nature Is Not Restorative—The Role of Prospect and Refuge.” *Health & Place* 20:91–101.
- Gillis, Kaitlyn and Birgitta Gatersleben. 2015. “A Review of Psychological Literature on the Health and Wellbeing Benefits of Biophilic Design.” *Buildings* 2015, Vol. 5, Pages 948-963 5(3):948–63.
- Gou, Zhonghua, Deo Prasad, and Stephen Siu Yu Lau. 2014. “Impacts of Green Certifications, Ventilation and Office Types on Occupant Satisfaction with Indoor Environmental Quality.” [Http://Dx.Doi.Org/10.1080/00038628.2014.908113](http://dx.doi.org/10.1080/00038628.2014.908113) 57(3):196–206.
- Gray, Tonia and Carol Birrell. 2014. “Are Biophilic-Designed Site Office Buildings Linked to Health Benefits and High Performing Occupants?” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2014, Vol. 11, Pages 12204-12222 11(12):12204–22.
- Grinde, Bjørn and Grete Grindal Patil. 2009. “Biophilia: Does Visual Contact with Nature Impact on Health and Well-Being?” *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2009, Vol. 6, Pages 2332-2343 6(9):2332–43.
- De Groot, W. T. and R. J. G. Van Den Born. 2003. “Visions of Nature and Landscape Type Preferences: An Exploration in The Netherlands.” *Landscape and Urban Planning* 63(3):127–38.
- Guy, Simon. and Steven A. Moore. 2005. *Sustainable Architectures: Cultures and Natures in Europe and North America*. 1st ed. Spon Press.
- Hähn, Nalise, Emmanuel Essah, and Tijana Blanus. 2020. “Biophilic Design and Office Planting: A Case Study of Effects on Perceived Health, Well-Being and Performance Metrics in the Workplace.” *Intelligent Buildings International* 1–20.

- Hashemnezhad, Hashem, Ali Akbar Heidari, and Parisa Mohammad Hoseini. 2013. "Sense of Place" and "Place Attachment." *International Journal of Architecture and Urban Development* 3(1):5–12.
- Heerwagen, Judith and Bert Gregory. 2008. "Biophilia and Sensory Aesthetics." Pp. 227–42 in *Biophilic Design: the Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*, edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. Mador. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Heerwagen, Judith and Betty Hase. 2001. "Building Biophilia: Connecting People to Nature in Building Design." *Environ. Design + Const. Mag* 3:30–36.
- Hidalgo, Ana Karinna. 2014. "Biophilic Design, Restorative Environments and Well-Being." Pp. 535–44 in *Proceedings of the Colors of Care: The 9th International Conference on Design & Emotion*.
- Hidalgo, M. Carmen and Bernardo Hernández. 2001. "PLACE ATTACHMENT: CONCEPTUAL AND EMPIRICAL QUESTIONS." *Journal of Environmental Psychology* 21(3):273–81.
- Hildebrand, Grant. 1999. "Origins of Architectural Pleasure." 174.
- Hildebrand, Grant. 2008. "Biophilic Architectural Space." Pp. 263–75 in *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*, edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. L. Mador. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Hoelscher, Marie Therese, Thomas Nehls, Britta Jänicke, and Gerd Wessolek. 2016. "Quantifying Cooling Effects of Facade Greening: Shading, Transpiration and Insulation." *Energy and Buildings* 114:283–90.
- Hraska, Jozef. 2015. "Chronobiological Aspects of Green Buildings Daylighting." *Renewable Energy* 73:109–14.
- Hunter, Paul R., Alan M. MacDonald, and Richard C. Carter. 2010. "Water Supply and Health." *PLOS Medicine* 7(11):e1000361.
- Hwang, Yun Hye, Zi En, and Jonathan Yue. 2015. "Observation of Biodiversity on Minimally Managed Green Roofs in a Tropical City." *Journal of Living Architecture* 2:9–26.
- Ives, Christopher D., David J. Abson, Henrik von Wehrden, Christian Dörninger, Kathleen Klaniecki, and Joern Fischer. 2018. "Reconnecting with Nature for

- Sustainability.” *Sustainability Science* 13(5):1389–97.
- Jiang, Boya, Yifan Song, Hong Xian Li, Stephen Siu-Yu Lau, and Qinghua Lei. 2020. “Incorporating Biophilic Criteria into Green Building Rating Tools: Case Study of Green Mark and LEED.” *Environmental Impact Assessment Review* 82:106380.
- Jones, David R. 2013. “‘The Biophilic University’: A de-Familiarizing Organizational Metaphor for Ecological Sustainability?” *Journal of Cleaner Production* 48:148–65.
- Jones, David R. 2015. “The ‘Biophilic Organization’: An Integrative Metaphor for Corporate Sustainability.” *Journal of Business Ethics* 2015 138:3 138(3):401–16.
- Joye, Yannick. 2007a. “A Tentative Argument for the Inclusion of Nature-Based Forms in Architecture.” *Faculteit Letteren en Wijsbegeerte , Wijsbegeerte*.
- Joye, Yannick. 2007b. “Architectural Lessons from Environmental Psychology: The Case of Biophilic Architecture.” <https://doi.org/10.1037/1089-2680.11.4.305> 11(4):305–28.
- Joye, Yannick and Andreas de Block. 2011. “‘Nature and I Are Two’: A Critical Examination of the Biophilia Hypothesis.” *Environmental Values* 20(2):189–215.
- Kabisch, Nadja, Horst Korn, Jutta Stadler, and Aletta Bonn. 2017. “Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas—Linkages Between Science, Policy and Practice.” 1–11.
- Kaplan, Rachel. and Stephen Kaplan. 1989. “The Experience of Nature : A Psychological Perspective.” 340.
- Kaplan, Stephen. 1995. “The Restorative Benefits of Nature: Toward an Integrative Framework.” *Journal of Environmental Psychology* 15(3):169–82.
- Kayihan, Kutlu Sevinç. 2018. “Examination of Biophilia Phenomenon in the Context of Sustainable Architecture.” Pp. 80–101 in *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*.
- Kellert, S. R. and S. Calabrese. 2015. *The Practice of Biophilic Design*.
- Kellert, Stephen R. 2005. “Building for Life : Designing and Understanding the Human-Nature Connection.” 250.
- Kellert, Stephen R. 2008. “Dimensions, Elements, and Attributes of Biophilic Design” edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. L. Mador. *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life* 3–19.

- Kellert, Stephen R. 2018. "Nature by Design: The Practice of Biophilic Design." *Nature by Design: The Practice of Biophilic Design* 1–214.
- Kellert, Stephen R. and Edward O. Wilson. 1993. "The Biological Basis for Human Values of Nature." Pp. 42–69 in *The Biophilia Hypothesis*. Vol. 15. Washington: Island Press/Shearwater.
- Kent Bloomer. 2008. "The Picture Window: The Problem of Viewing Nature through Glass." Pp. 253–62 in *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. Vol. 1, edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. L. Mador. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Korpela, Kalevi, Jessica De Bloom, Marjaana Sianoja, Tytti Pasanen, and Ulla Kinnunen. 2017. "Nature at Home and at Work: Naturally Good? Links between Window Views, Indoor Plants, Outdoor Activities and Employee Well-Being over One Year." *Landscape and Urban Planning* 160:38–47.
- Lau, Stephen Siu Yu, Zhonghua Gou, and Yajing Liu. 2014. "Healthy Campus by Open Space Design: Approaches and Guidelines." *Frontiers of Architectural Research* 3(4):452–67.
- Leach, Melissa, Ian Scoones, and Andy Stirling. 2010. "Dynamic Sustainabilities: Technology, Environment, Social Justice." *Dynamic Sustainabilities: Technology, Environment, Social Justice* 1–212.
- Lee, Hyo Chang and Sung Jun Park. 2018. "Assessment of Importance and Characteristics of Biophilic Design Patterns in a Children's Library." *Sustainability* 2018, Vol. 10, Page 987 10(4):987.
- Lee, Kate E., Kathryn J. H. Williams, Leisa D. Sargent, Nicholas S. G. Williams, and Katherine A. Johnson. 2015. "40-Second Green Roof Views Sustain Attention: The Role of Micro-Breaks in Attention Restoration." *Journal of Environmental Psychology* 42:182–89.
- Littke, Hélène. 2016. "Becoming Biophilic: Challenges and Opportunities for Biophilic Urbanism in Urban Planning Policy." *Smart and Sustainable Built Environment* 5(1):15–24.
- Liu, Qi Guo, Wei Hong Wang, Hua Liu, Guangdong Zhang, Long Xin Li, and Yu Long Zhao. 2018. "Production Rate Analysis of Fractured Horizontal Well Considering

- Multitransport Mechanisms in Shale Gas Reservoir.” *Geofluids* 2018.
- Lotfabadi, Pooya, Halil Zafer Alibaba, and Aref Arfaei. 2016. “Sustainability; as a Combination of Parametric Patterns and Bionic Strategies.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 57:1337–46.
- Maes, Joachim, Camino Liqueste, Anne Teller, Markus Erhard, Maria Luisa Paracchini, José I. Barredo, Bruna Grizzetti, Ana Cardoso, Francesca Somma, Jan Erik Petersen, Andrus Meiner, Eva Royo Gelabert, Nihat Zal, Peter Kristensen, Annemarie Bastrup-Birk, Katarzyna Biala, Chiara Piroddi, Benis Egoh, Patrick Degeorges, Christel Fiorina, Fernando Santos-Martín, Vytautas Naruševičius, Jan Verboven, Henrique M. Pereira, Jan Bengtsson, Kremena Gocheva, Cristina Marta-Pedroso, Tord Snäll, Christine Estreguil, Jesus San-Miguel-Ayanz, Marta Pérez-Soba, Adrienne Grêt-Regamey, Ana I. Lillebø, Dania Abdul Malak, Sophie Condé, Jon Moen, Bálint Czúcz, Evangelia G. Drakou, Grazia Zulian, and Carlo Lavallo. 2016. “An Indicator Framework for Assessing Ecosystem Services in Support of the EU Biodiversity Strategy to 2020.” *Ecosystem Services* 17:14–23.
- Mandasari, Ardelia and Ahmad Gamal. 2017. “Biophilia as a Factor of Consumer Preferences in Choosing Residential Property Product.” *ICCREM 2017: Real Estate and Urbanization - Proceedings of the International Conference on Construction and Real Estate Management 2017* 15–26.
- Mangone, Giancarlo, Colin A. Capaldi, Zack M. van Allen, and P. G. Luscuere. 2017. “Bringing Nature to Work: Preferences and Perceptions of Constructed Indoor and Natural Outdoor Workspaces.” *Urban Forestry & Urban Greening* 23:1–12.
- Manzo, Lynne C. 2003. “Beyond House and Haven: Toward a Revisioning of Emotional Relationships with Places.” *Journal of Environmental Psychology* 23(1):47–61.
- Mazumdar, S. 2008. “Even the Moon Has a Dark Side: A Critical Look at Vernacular Architecture.”
- McGee, Beth and Anna Marshall-Baker. 2015. “Loving Nature From the Inside Out: A Biophilia Matrix Identification Strategy for Designers.” <https://doi.org/10.1177/1937586715578644> 8(4):115–30.
- McHarg, Ian. 1969. *Design with Nature*. [1st ed.]. Garden City N.Y.: Published for the American Museum of Natural History [by] the Natural History Press.

- McMahan, Ethan A. and David Estes. 2015. "The Effect of Contact with Natural Environments on Positive and Negative Affect: A Meta-Analysis." *The Journal of Positive Psychology* 10(6):507–19.
- Md Rian, Iasef and Mario Sassone. 2014. "Tree-Inspired Dendriforms and Fractal-like Branching Structures in Architecture: A Brief Historical Overview." *Frontiers of Architectural Research* 3(3):298–323.
- Mossin, Natalie, Sofie Stilling, Thomas Chevalier Bøjstrup, Vibeke Grupe Larsen, Maja Lotz, and Annette Blegvad. 2018. *An Architecture Guide to the UN 17 Sustainable Development Goals*. Vol. 1. 1st ed. København: KADK.
- Mumcu, Sema, Tuba Duuml;zenli, and Ali Ouml;zbilen. 2010. "Prospect and Refuge as the Predictors of Preferences for Seating Areas." *Scientific Research and Essays* 5(11):1223–33.
- Nations, United. 1992. *DECLARATION OF THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE HUMAN ENVIRONMENT (STOCKHOLM DECLARATION), 1972 AND THE RIO DECLARATION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1992*.
- Nations, United. 2015. "Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development."
- Nicol, J. F. and M. A. Humphreys. 2002. "Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings." *Energy and Buildings* 34(6):563–72.
- Nurdiah, Esti Asih. 2016. "The Potential of Bamboo as Building Material in Organic Shaped Buildings." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216:30–38.
- Oldfield, Emily E., Alexander J. Felson, D. S. Nove. Auyeung, Thomas W. Crowther, Nancy F. Sonti, Yoshiki Harada, Daniel S. Maynard, Noah W. Sokol, Mark S. Ashton, Robert J. Warren, Richard A. Hallett, and Mark A. Bradford. 2015. "Growing the Urban Forest: Tree Performance in Response to Biotic and Abiotic Land Management." *Restoration Ecology* 23(5):707–18.
- Orians, Gordon H. and Judith H. Heerwagen. 1992. "Evolved Responses to Landscapes." Pp. 555–80 in *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*. Vol. 1, edited by L. C. J. H. Barkow and J. Tooby. Oxford University Press.
- Park, Sung Jun and Hyo Chang Lee. 2019. "Spatial Design of Childcare Facilities

- Based on Biophilic Design Patterns.” *Sustainability* 2019, Vol. 11, Page 2851 11(10):2851.
- Pawlyn, Michael. 2019. *Biomimicry in Architecture*. Vol. 1. 2nd ed. RIBA.
- Pérez, G. and K. Perini. 2018. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*.
- Peters, Terri and Kristen D’Penna. 2020. “Biophilic Design for Restorative University Learning Environments: A Critical Review of Literature and Design Recommendations.” *Sustainability* 12(17):7064.
- Ramzy, Nelly Shafik. 2015. “Biophilic Qualities of Historical Architecture: In Quest of the Timeless Terminologies of ‘Life’ in Architectural Expression.” *Sustainable Cities and Society* 15:42–56.
- Ramzy, Nely. 2015. “Sustainable Spaces with Psychological Values: Historical Architecture as Reference Book for Biomimetic Models with Biophilic Qualities.” *International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR* 9(2):248.
- Raymond, Christopher M., Gregory Brown, and Delene Weber. 2010. “The Measurement of Place Attachment: Personal, Community, and Environmental Connections.” *Journal of Environmental Psychology* 30(4):422–34.
- Revell, Grant and Martin Anda. 2014. “Sustainable Urban Biophilia: The Case of Greenskins for Urban Density.” *Sustainability* 2014, Vol. 6, Pages 5423-5438 6(8):5423–38.
- Robert Berkebile and Robert Fox. 2008. “Reflections on Implementing Biophilic Design.” Pp. 347–56 in *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*, edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. L. Mador. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Robert, Tristan. 2016. “We Spend 90% of Our Time Indoors. Says Who?” *Building Green*. Retrieved November 17, 2021 (<https://www.buildinggreen.com/blog/we-spend-90-our-time-indoors-says-who>).
- Rowe, D. Bradley. 2011. “Green Roofs as a Means of Pollution Abatement.” *Environmental Pollution* 159(8–9):2100–2110.
- Ryan, Catherine O. and William D. Browning. 2018. “Biophilic Design.” *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* 1–44.

- Ryan, Catherine O., William D. Browning, Joseph O. Clancy, Scott L. Andrews, and Namita B. Kallianpurkar. 2014. "BIOPHILIC DESIGN PATTERNS: Emerging Nature-Based Parameters for Health and Well-Being in the Built Environment." *International Journal of Architectural Research: ArchNet-IJAR* 8(2):62.
- Salingaros, Nikos and Kenneth Masden. 2008. "Neuroscience, the Natural Environment, and Building Design." Pp. 59–83 in *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*, edited by S. R. Kellert, J. H. Heerwagen, and M. L. Mador. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Scannell, Leila and Robert Gifford. 2017. "The Experienced Psychological Benefits of Place Attachment." *Journal of Environmental Psychology* 51:256–69.
- Schröder, Torsten. 2018. "Giving Meaning to the Concept of Sustainability in Architectural Design Practices: Setting Out the Analytical Framework of Translation." *Sustainability 2018, Vol. 10, Page 1710* 10(6):1710.
- Schweitzer, Marc, Laura Gilpin, and Susan Frampton. 2004. "Healing Spaces: Elements of Environmental Design That Make an Impact on Health." <https://Home.Liebertpub.Com/Acm> 10(SUPPL. 1).
- Sharifi, Monir and Jaleh Sabernejad. 2016. "Investigation of Biophilic Architecture Patterns and Prioritizing Them in Design Performance in Order to Realize Sustainable Development Goals." *European Online Journal of Natural and Social Sciences: Proceedings* 5(3(s)):325–37.
- Sheweka, Samar Mohamed and Nourhan Magdy Mohamed. 2012. "Green Facades as a New Sustainable Approach Towards Climate Change." *Energy Procedia* 18:507–20.
- Shi, Zhenni, Hua Qian, Xiaohong Zheng, Zhengfei Lv, Yuguo Li, Li Liu, and Peter V. Nielsen. 2018. "Seasonal Variation of Window Opening Behaviors in Two Naturally Ventilated Hospital Wards." *Building and Environment* 130:85–93.
- Simpson, Greg D. and Jackie Parker. 2018. "Data on Peer-Reviewed Papers about Green Infrastructure, Urban Nature, and City Liveability." *Data 2018, Vol. 3, Page 51* 3(4):51.
- Söderlund, Jana. 2019. *The Emergence of Biophilic Design*. Cham: Springer International Publishing.

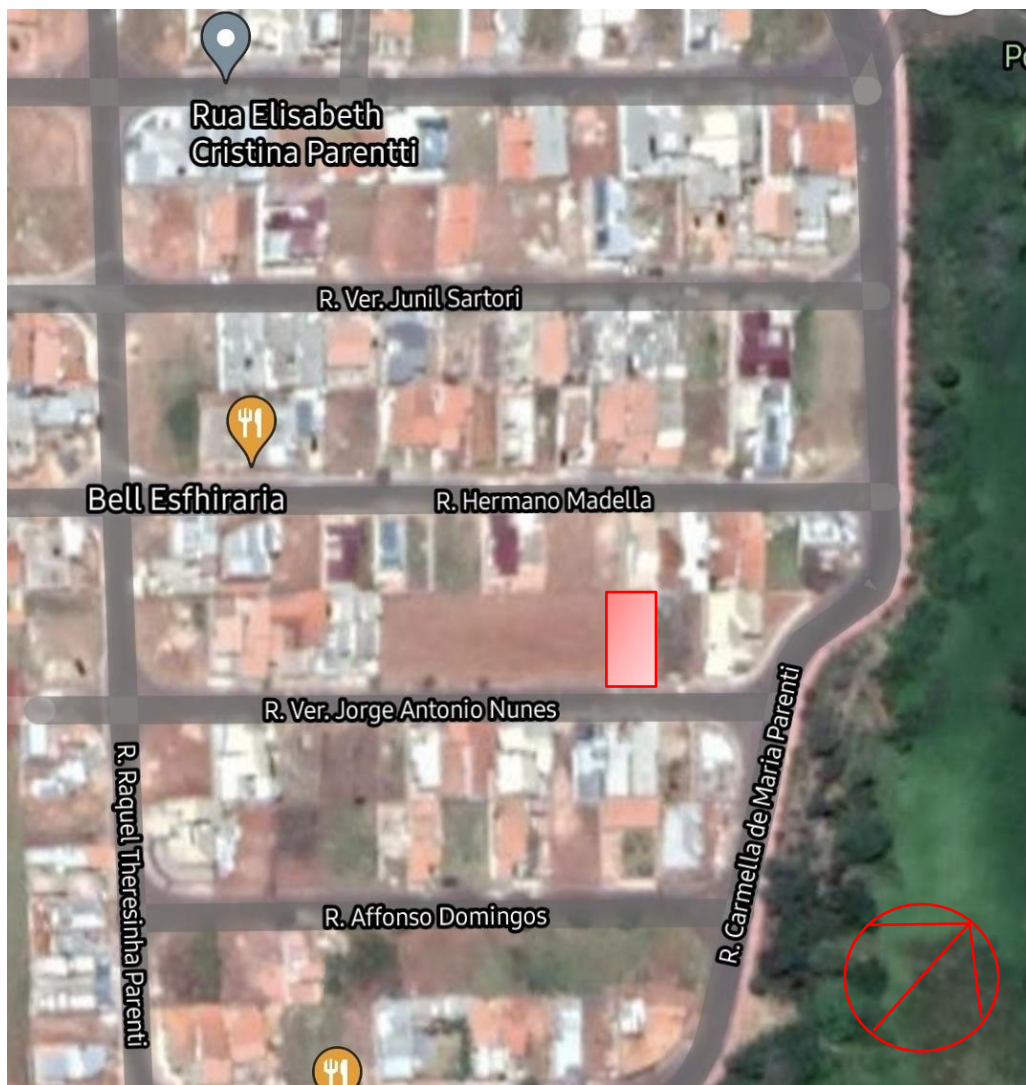
- Soderlund, Jana and Peter Newman. 2015. "Biophilic Architecture: A Review of the Rationale and Outcomes." *AIMS Environmental Science* 2(4):950–69.
- Söderlund, Jana and Peter Newman. 2017. "Improving Mental Health in Prisons Through Biophilic Design." <https://doi.org/10.1177/0032885517734516> 97(6):750–72.
- Somarakis, Giorgos, Stavros Stagakis, Nektarios Chrysoulakis, Marja Mesimäki, and Susanna Lehvävirta. 2019. *ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook*. European Union.
- Spiteri, Louise F. 2008. "Concept Theory and the Role of Conceptual Coherence in Assessments of Similarity." *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology* 45(1):1–12.
- Stopka, M. and B. A. Lerner. 2016. "The Financial Benefits of Biophilic Design in the Workplace: A Review and Summary of Current Research." *Mist Environ* 1–23.
- Sudimac, Budimir, Bratislav Ilić, Vladimir Munćan, and Aleksandar S. Anđelković. 2019. "Heat Flux Transmission Assessment of a Vegetation Wall Influence on the Building Envelope Thermal Conductivity in Belgrade Climate." *Journal of Cleaner Production* 223:907–16.
- Tabb, Phillip and A. Senem Deviren. 2017. "The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design." *The Greening of Architecture: A Critical History and Survey of Contemporary Sustainable Architecture and Urban Design* 1–193.
- Tang, I. Chun, William C. Sullivan, and Chun Yen Chang. 2014. "Perceptual Evaluation of Natural Landscapes: The Role of the Individual Connection to Nature." <http://dx.doi.org/10.1177/0013916513520604> 47(6):595–617.
- Totaforti, Simona. 2018. "Applying the Benefits of Biophilic Theory to Hospital Design." *City, Territory and Architecture* 5(1):1.
- Tsunetsugu, Yuko, Yoshifumi Miyazaki, and Hiroshi Sato. 2007. "Physiological Effects in Humans Induced by the Visual Stimulation of Room Interiors with Different Wood Quantities." *Journal of Wood Science* 2006 53:1 53(1):11–16.
- Ulrich, R. S. 1993. "Biophilia, Biophobia, and Natural Landscapes." Pp. 73–137 in *The Biophilia Hypothesis*. Vol. 15, edited by Stephen R. Kellert and Edward O. Wilson.

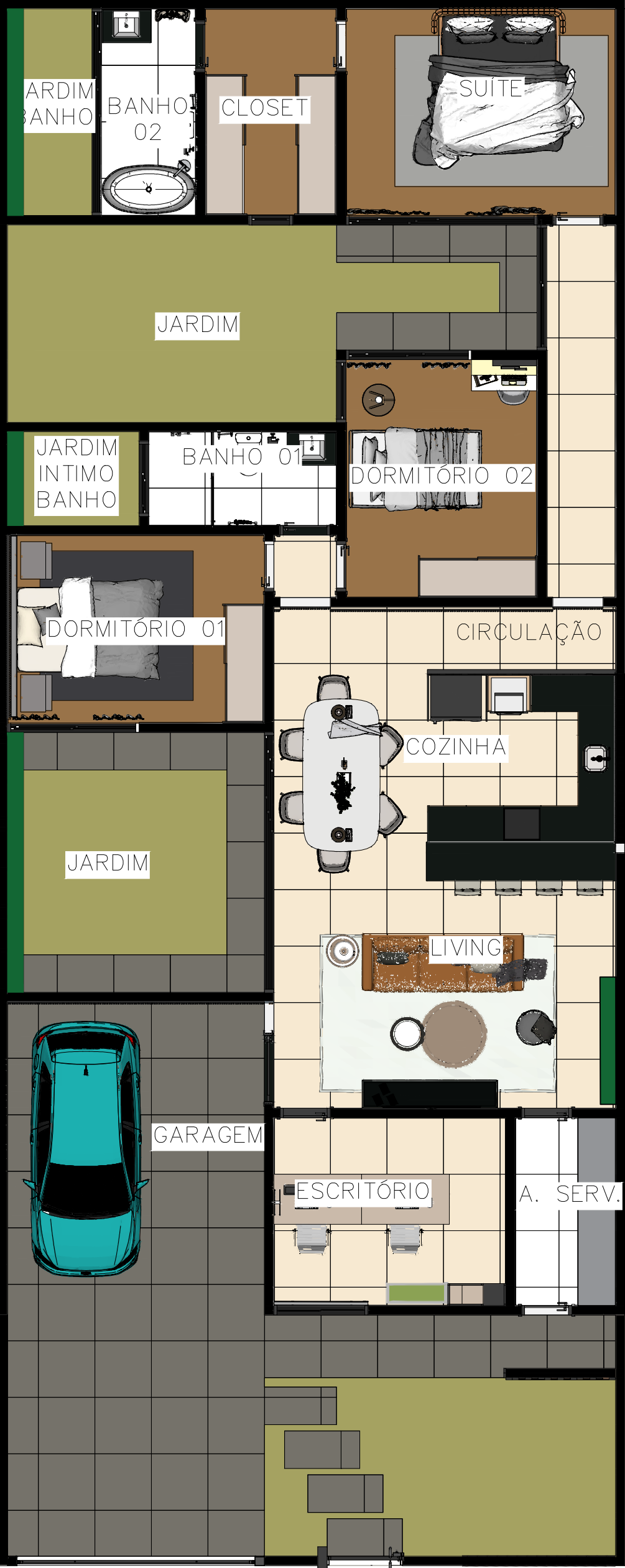
- Washington, DC.: Island Press.
- Ulrich, Roger S. 1983. "Aesthetic and Affective Response to Natural Environment." *Behavior and the Natural Environment* 85–125.
- Ulrich, Roger S., Robert F. Simons, Barbara D. Losito, Evelyn Fiorito, Mark A. Miles, and Michael Zelson. 1991. "Stress Recovery during Exposure to Natural and Urban Environments." *Journal of Environmental Psychology* 11(3):201–30.
- United Nations. 1987. "Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future."
- Vanuytrecht, Eline, Carmen Van Mechelen, Koenraad Van Meerbeek, Patrick Willems, Martin Hermy, and Dirk Raes. 2014. "Runoff and Vegetation Stress of Green Roofs under Different Climate Change Scenarios." *Landscape and Urban Planning* 122:68–77.
- Vaughan, Josephine and Michael J. Ostwald. 2011. "Using Fractal Analysis to Compare the Characteristic Complexity of Nature and Architecture: Re-Examining the Evidence." *Http://Dx.Doi.Org/10.3763/Asre.2010.0024* 53(3):323–32.
- Wallmann-Sperlich, Birgit, Sophie Hoffmann, Anne Salditt, Tanja Bipp, and Ingo Froboese. 2019. "Moving to an 'Active' Biophilic Designed Office Workplace: A Pilot Study about the Effects on Sitting Time and Sitting Habits of Office-Based Workers." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(9):1559.
- Well, Friederike and Ferdinand Ludwig. 2020. "Blue–Green Architecture: A Case Study Analysis Considering the Synergetic Effects of Water and Vegetation." *Frontiers of Architectural Research* 9(1):191–202.
- WGBC. 2016. "Green Building: Improving the Lives of Billions by Helping to Achieve the UN Sustainable Development Goals | World Green Building Council." Retrieved November 22, 2021 (<https://www.worldgbc.org/news-media/green-building-improving-lives-billions-helping-achieve-un-sustainable-development-goals>).
- Whang, Hee-Joon; 2011. "The Relationship of Complexity and Order in Determining Aesthetic Preference in Architectural Form." *Architectural Research* 13(4):19–30.
- White, Mathew, Amanda Smith, Kelly Humphries, Sabine Pahl, Deborah Snelling, and Michael Depledge. 2010. "Blue Space: The Importance of Water for Preference,

- Affect, and Restorativeness Ratings of Natural and Built Scenes.” *Journal of Environmental Psychology* 30(4):482–93.
- Wijesooriya, Niranjika and Arianna Brambilla. 2021. “Bridging Biophilic Design and Environmentally Sustainable Design: A Critical Review.” *Journal of Cleaner Production* 283:124591.
- Wilson, Alex. 2008. “Biophilia in Practice: Buildings That Connect People with Nature.” Pp. 325–33 in *Biophilic Design: The Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*.
- Wilson, Edward O. 1994. *Biophilia: The Human Bond with Other Species*. Cambridge Mass. & etc.; Harvard University Press.
- Xue, Fei, Stephen Siu Yu Lau, Zhonghua Gou, Yifan Song, and Boya Jiang. 2019. “Incorporating Biophilia into Green Building Rating Tools for Promoting Health and Wellbeing.” *Environmental Impact Assessment Review* 76:98–112.
- Yin, Jie, Jing Yuan, Nastaran Arfaei, Paul J. Catalano, Joseph G. Allen, and John D. Spengler. 2020. “Effects of Biophilic Indoor Environment on Stress and Anxiety Recovery: A between-Subjects Experiment in Virtual Reality.” *Environment International* 136:105427.
- Yin, Jie, Shihao Zhu, Piers MacNaughton, Joseph G. Allen, and John D. Spengler. 2018. “Physiological and Cognitive Performance of Exposure to Biophilic Indoor Environment.” *Building and Environment* 132:255–62.
- Yoon, Eunji;Lim, Yeonghwan; 2018. “A Study on the Composition between Nature and Architectural Space in Healthcare Facilities.” *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design* 34(12):113–22.
- Yuan, Yanping, Xiaoping Yu, Xiaojiao Yang, Yimin Xiao, Bo Xiang, and Yi Wang. 2017. “Bionic Building Energy Efficiency and Bionic Green Architecture: A Review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 74:771–87.
- Zhong, Weijie, Torsten Schröder, and Juliette Bekkering. 2021. “Biophilic Design in Architecture and Its Contributions to Health, Well-Being, and Sustainability: A Critical Review.” *Frontiers of Architectural Research*.

Informações do terreno

A área selecionada para estudo foi um terreno localizado na Rua Vereador Jorge Antônio Nunes, bairro Jardim Parenti 3, CEP 18690-000, Itatinga-SP, com uma área de 10x25m, totalizando 250m².

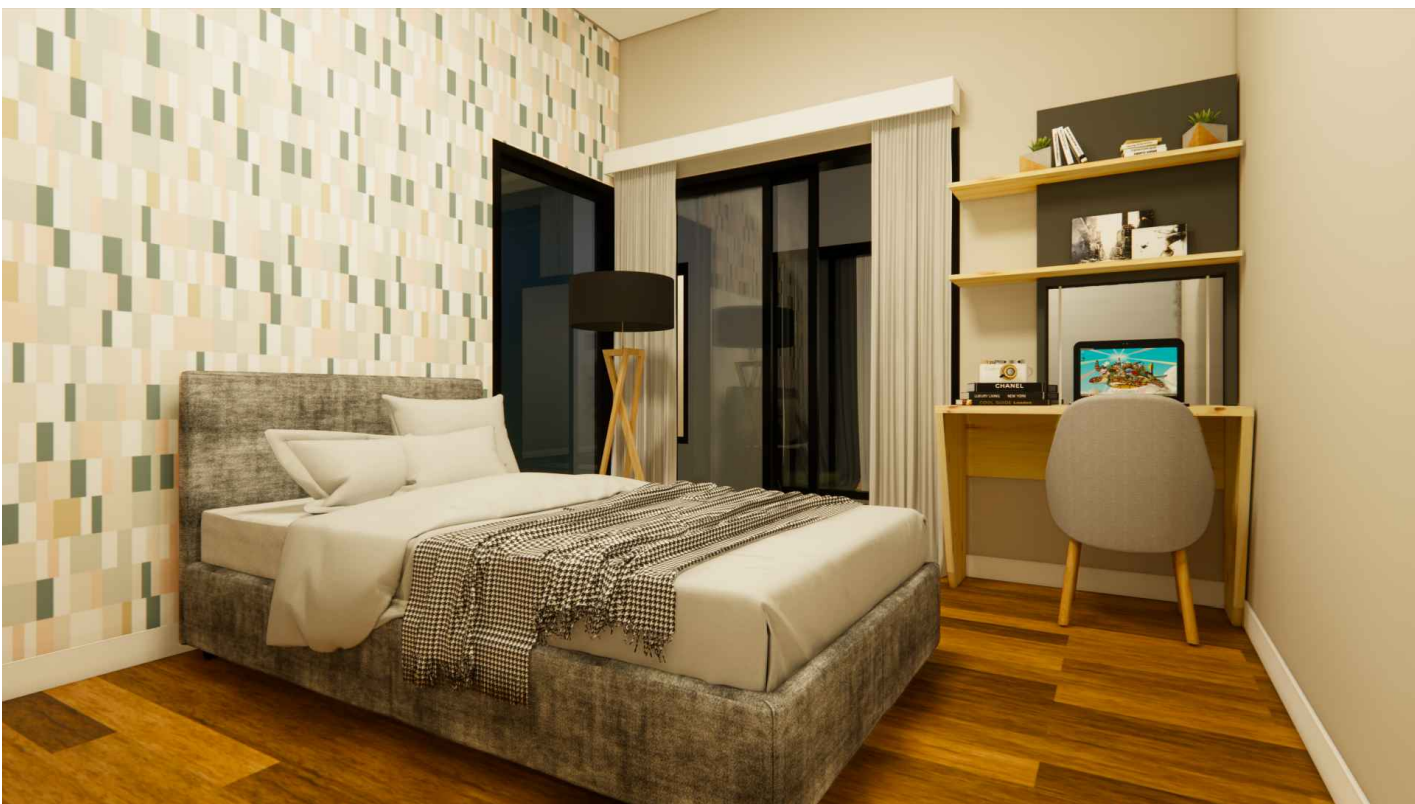
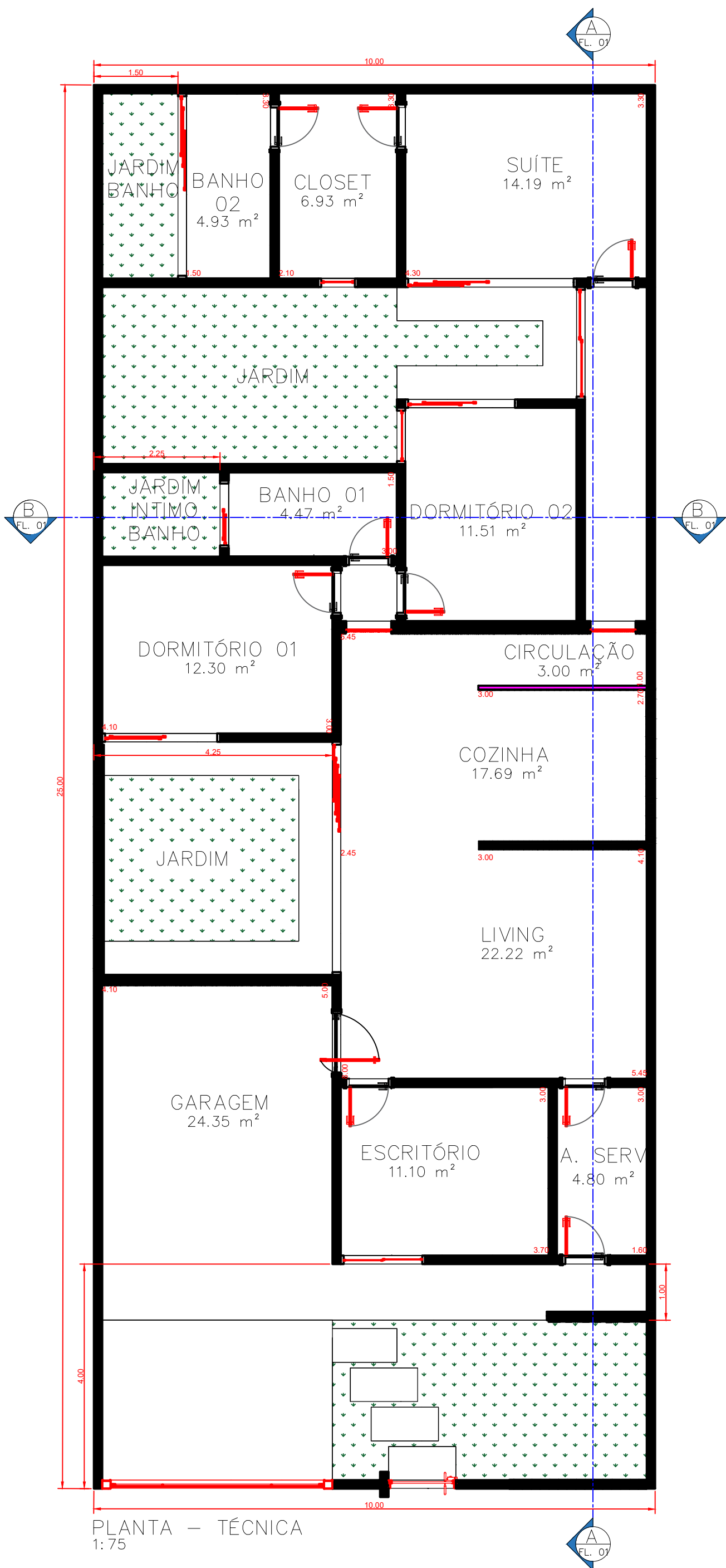




PLANTA – TÉCNICA
1:75



ALUNO: BRUNO AUGUSTO THEODORO		
ORIENTADORA: LETÍCIA RÚBIO COLAUTO		
FACULDADE GALILEU – ARQUITETURA E URBANISMO	ESCALAS: INDICADAS	FOLHA: 01/03
PROJETO: RESIDÊNCIA BIOFÍLICA		DATA: 30/11/2021



ALUNO: BRUNO AUGUSTO THEODORO

ORIENTADORA: LETÍCIA RÚBIO COLAUTO

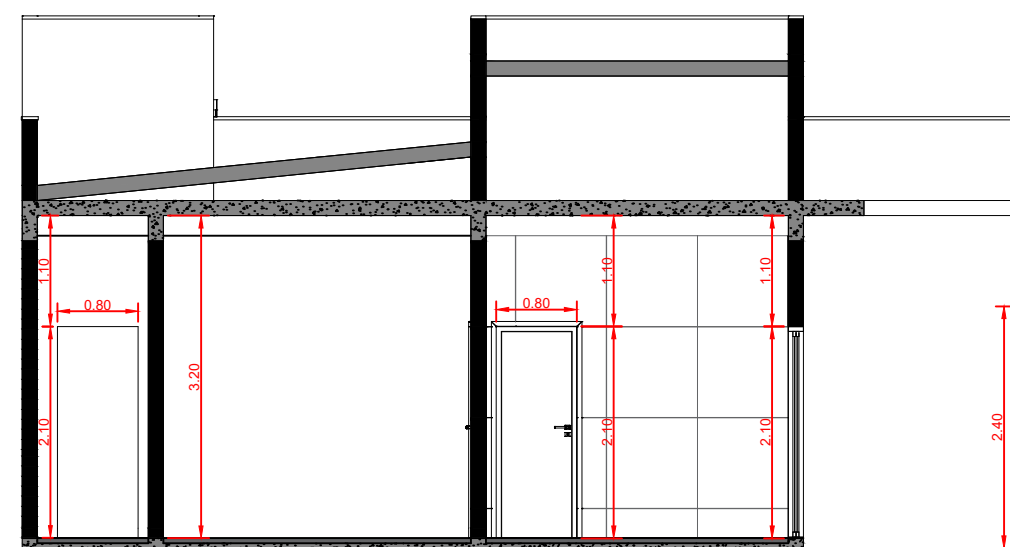
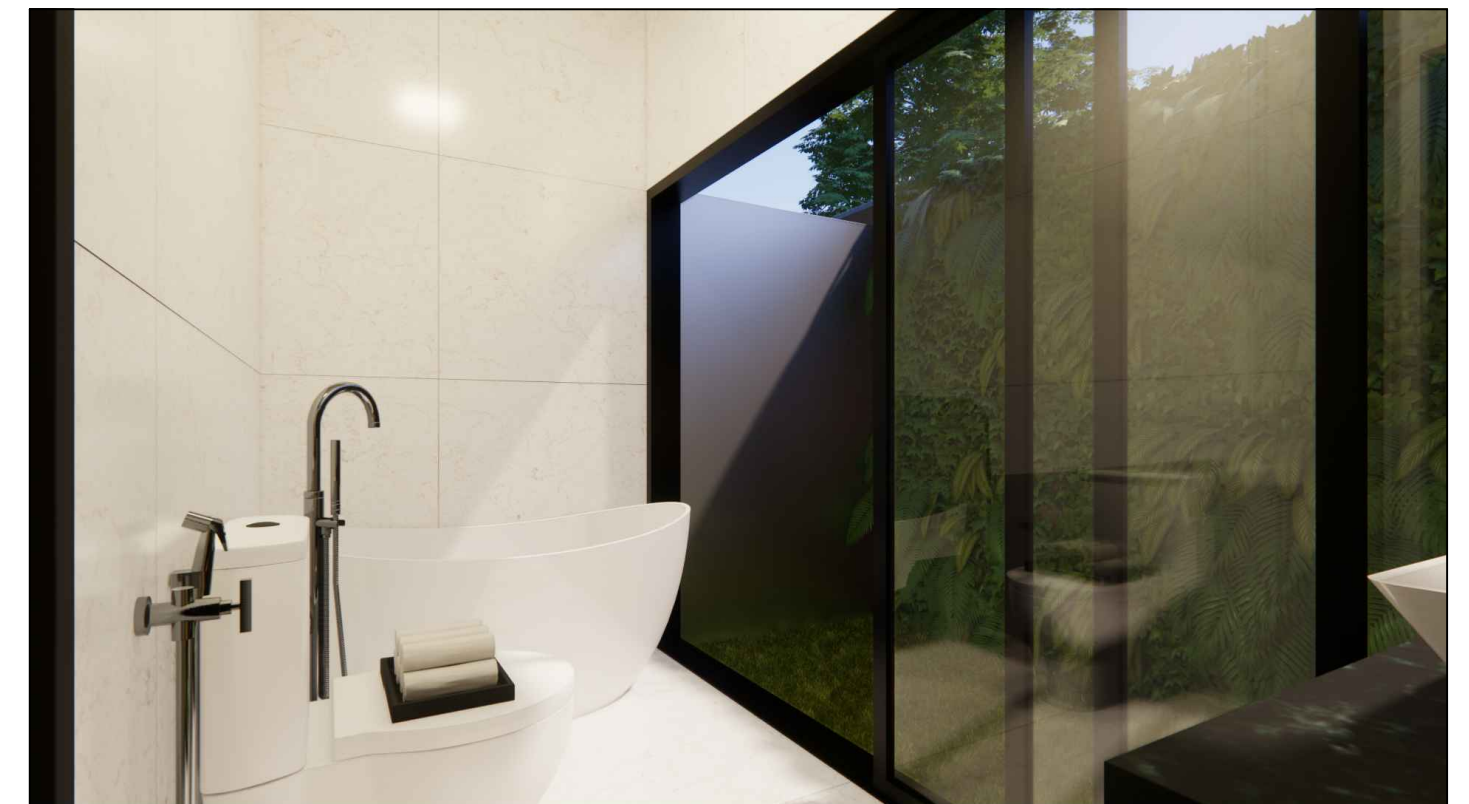
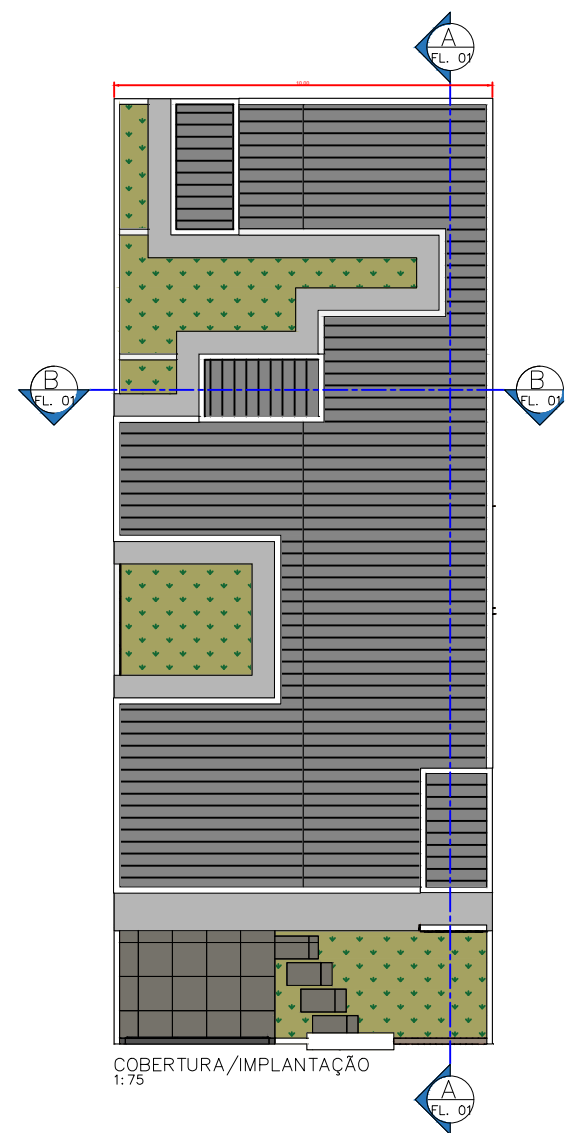
FACULDADE GALILEU — ARQUITETURA E URBANISMO

ESCALAS: INDICADAS

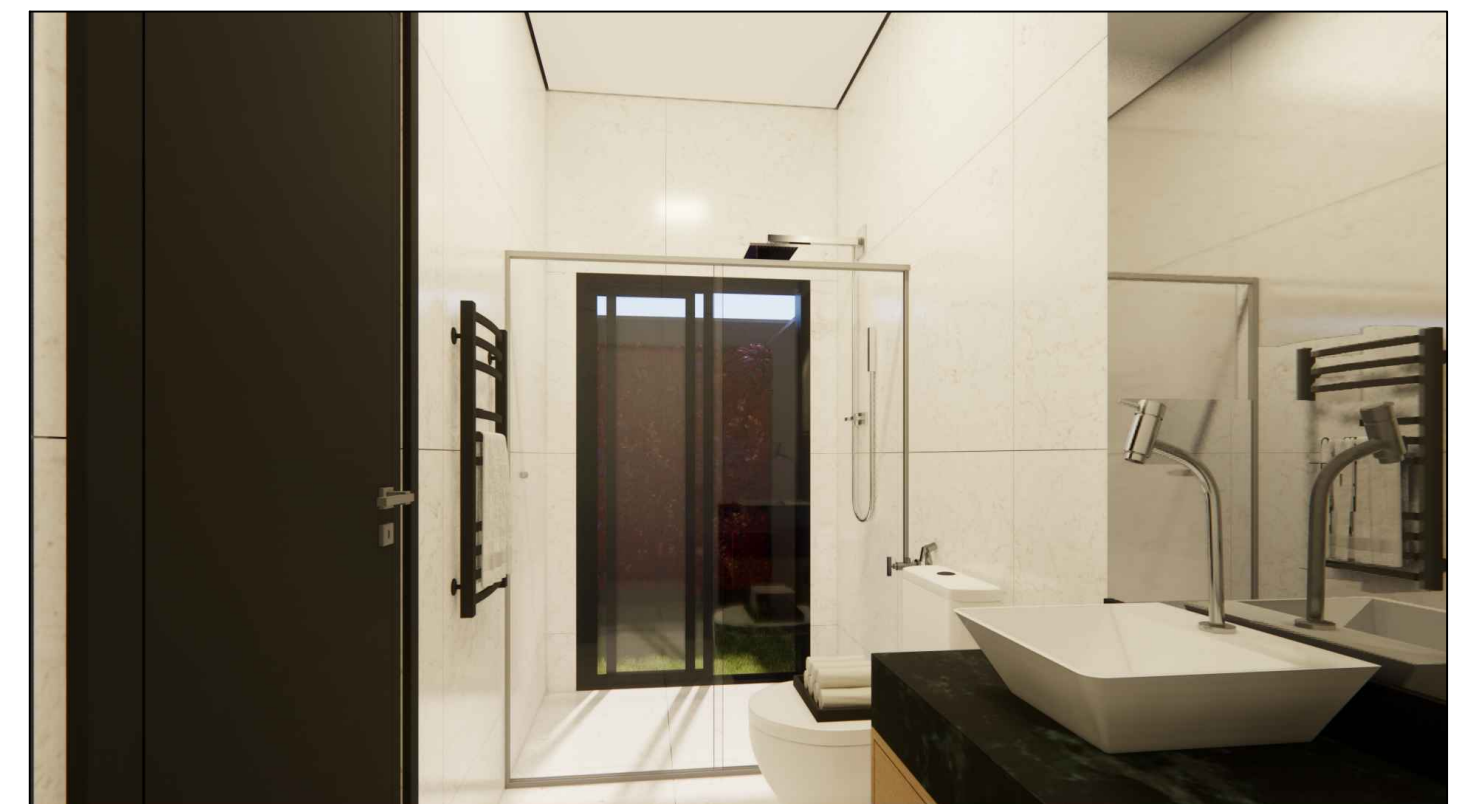
FOLHA: 02/03

PROJETO: RESIDÊNCIA BIOFÍLICA

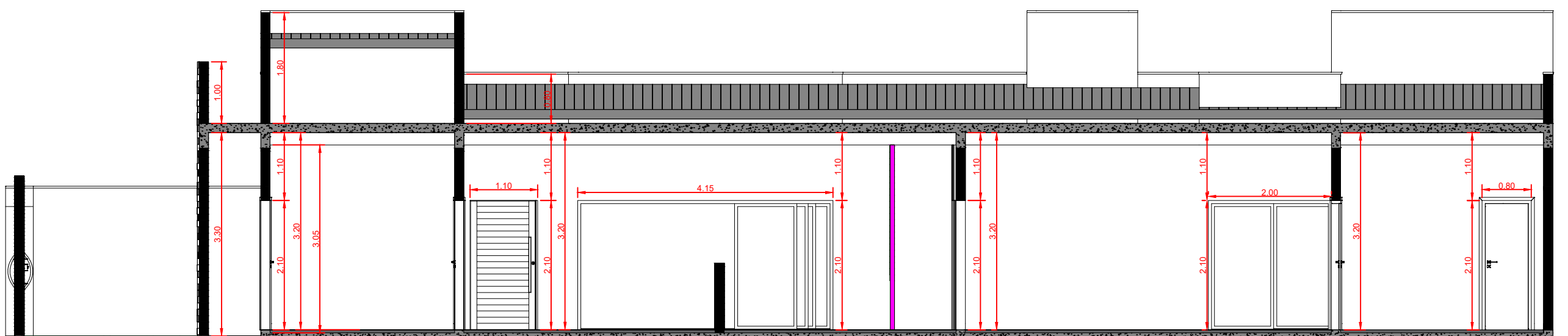
DATA: 30/11/2021



CORTE B
1: 75



FACHADA
1: 75



CORTE A
1: 75



MURO FRONTAL
1: 75

ALUNO: BRUNO AUGUSTO THEODORO

ORIENTADORA: LETÍCIA RÚBIO COLAUTO

FACULDADE GALILEU – ARQUITETURA E URBANISMO

ESCALAS: INDICADAS

FOLHA: 03/03

PROJETO: RESIDÊNCIA BIOFÍLICA

DATA: 30/11/2021